

Diss.

21/1/16

Ueber

IRRADIATION

und einige andere Erscheinungen

des Sehens.

Von

Hermann Welcker.

Mit 8 Tafeln.

Giefesen, 1852.

J. Ricker'sche Buchhandlung.

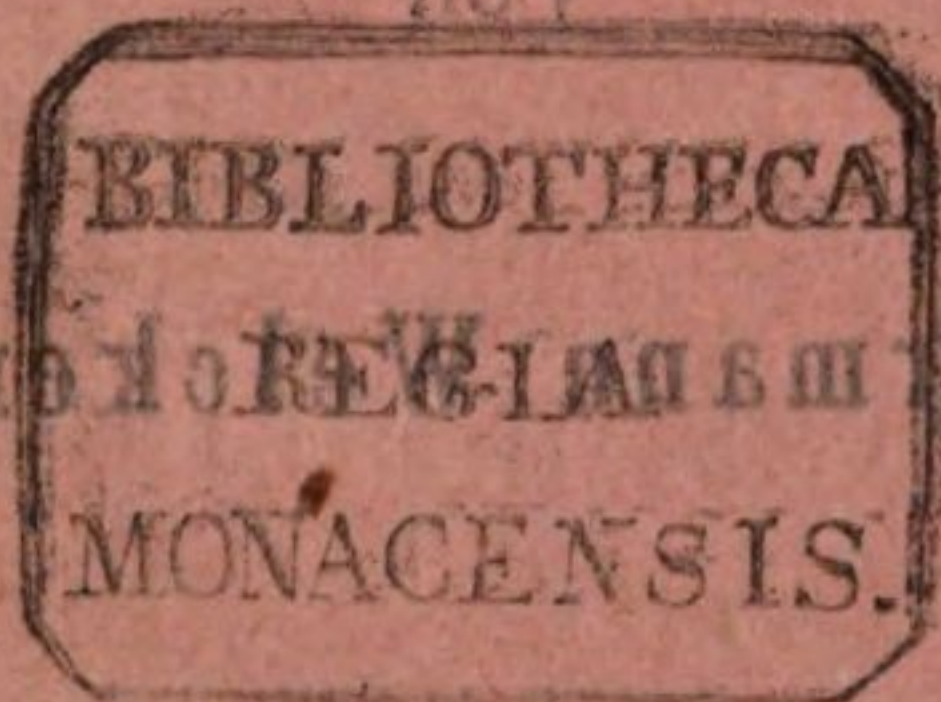
Dis. 2171 (16.

Leber

IRRAODIOM

und einige andere Erscheinungen

des Lebens.



Min 8 Tefeln

<36640847000014

<36640847000014

Bayer. Staatsbibliothek

Ueber

IRRADIATION

und einige andere Erscheinungen

des Sehens.

Inauguralabhandlung,

der

medizinischen Facultät zu Gießen

bei

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt

von

Hermann Welcker

aus Gießen.

Präses : Prof. Dr. Jul. Vogel.

Mit 8 Tafeln.

Gießen, 1852.

J. Ricker'sche Buchhandlung.

W O T A D A B B

und einige andere Erscheinungen

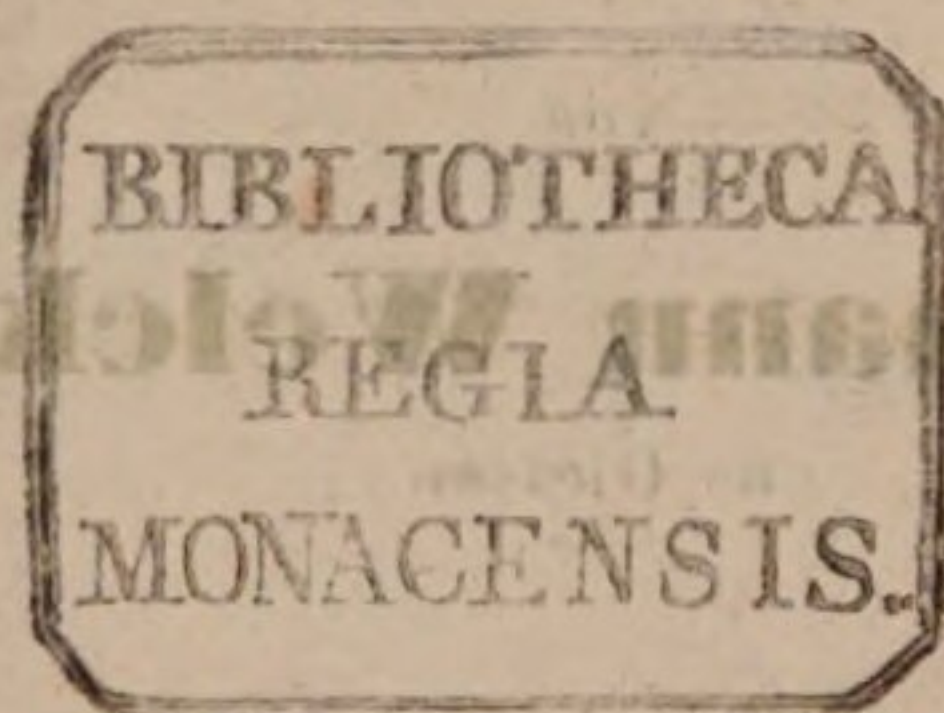
des Sehens.

— Si aequalis omnia claritatis fuissent, visio confusa esset; jam vero, quia lucida praepollent, quantitate vitiantur.

Kepler, ad Vitellionem paralip.

medizinischen Facultät zu Gießen

Erlangung der Doctorwürde



Präsident: Prof. Dr. J. V. Vogel

Mr. S. T. L.

Gießen, 1852.

J. Richter'sche Buchhandlung

Vorwort.

Meinem

lieben Vater

gewidmet.

London

Richard Warner

London

Vorwort.

Die erste Anregung zu dem hier behandelten Gegenstande verdanke ich den Vorträgen der Herren Professoren Bischoff und Buff. Zu speciellen Versuchen veranlafste mich, im Jahre 1847, Herr Prof. Bardeleben, welcher mir für mikroskopische Messungen als Nothhilfe das Doppeltsehen anempfahl. Damals angestellte Versuche über diese Gesichtserscheinung wurden im Herbst 1849, gelegentlich einer Kritik der mikroskopischen Messmethoden, wieder aufgenommen und erweitert. Die Versuche über das Doppeltsehen führten zur Betrachtung des Scheiner'schen Versuchs und zur Irradiation, und im December 1849 kamen einige Aufzeichnungen zum Abschlufs, deren letzter Theil der erste der vorliegenden Abhandlung ist.

Das sehr Anziehende des Gegenstandes, so wie der Wunsch, Präoccupationen möglichst zu vermeiden, ermuthigten mich, das Doppeltsehen ganz ohne specielleres Vorstudium und ohne den Beirath Sachverständiger, die Irradiation und den Scheiner'schen Versuch mit einziger Zuziehung des Pouillet-Müller'schen Lehrbuches zu bearbeiten.

Was die Irradiation betrifft, so fand ich dieselbe bei Pouillet-Müller als eine „rein subjective Erscheinung“ bezeichnet, während ich mir dieselbe von Anfang an nur auf physikalischen Gesetzen beruhend denken konnte. So nahe diese Auffassung auch liegt und so sehr ich sie als längst vorhanden vermuthen mußte: bei Pouillet-Müller fand ich hierüber nicht die leiseste Andeutung. —

Als ich vor einigen Monaten meinen Aufsatz über die Irradiation zur Inauguralabhandlung bestimmte, fühlte ich das Bedürfnis, eine Zusammenstellung der von den Autoren über den Gegenstand ausgesprochenen Ansichten hinzuzufügen. Ich verschaffte mir vor allem Plateau's wichtige Arbeit. So groß nun mein Erstaunen war, in dem Physiker Plateau den eifrigsten Vertheidiger der dynamischen Ansicht zu finden, so sah ich mich durch Plateau auf Kepler verwiesen, in dessen Schrift „Ad Vitellionem paralipomena“ ich die Irradiation auf dieselben Principien zurückgeführt fand, wie ich selbst es versucht hatte. Die Lectüre von Plateau's Abhandlung und eine Reihe durch sie veranlafster Versuche bestärkte mich in dem Glauben an die Richtigkeit der Auffassung Kepler's, und ich machte mir es zur Aufgabe, mit möglichster Unbefangenheit Dasjenige zusammenzustellen, was zu Gunsten der bei Seite geschobenen Lehre Kepler's sich beibringen liefse. —

In hohem Grade fühle ich das Mißliche des Unternehmens, über einen Gegenstand öffentlich zu

verhandeln, der eine specielle mathematische und physikalische Vorbildung, wie ich solche mir nicht zusprechen kann, voraussetzt; und überdies habe ich, bei der Kürze der mir zu Gebote stehenden Zeit, es gewagt, in der ersten Hälfte der vorliegenden Abhandlung den unveränderten Abdruck der Ende 1849 geschriebenen, für den Druck nicht bestimmt gewesenen Ausarbeitung zu geben, indem ich auf diese Weise Zeit zu gewinnen hoffte für Versuche und Conception des zweiten Abschnittes *).

Ich stellte nicht die historische Uebersicht, sondern jene erste Bearbeitung voran, hauptsächlich darum, weil der zweite, mehr kritische Theil ursprünglich nur zur Vertheidigung der in dem ersten Abschnitte verzeichneten Resultate begonnen wurde und weil ich es bequem fand, mich bei der Besprechung der einzelnen Autoren auf die im ersten Abschnitte zusammengestellten Ansichten und Versuche zurückzubeziehen. Umgekehrt finden mehrere Ausführungen des ersten Abschnittes erst durch den zweiten eine theilweise Vervollständigung, indem ich bei jener ersten Arbeit nur mich zu belehren suchte, und, an eine Veröffentlichung nicht denkend, es mir häufig genügen liefs, wenn ich nur für mich eine Ueberzeugung gewonnen hatte. — Je mehr der zweite

*) Ich gestehe, daß ich durch jene Anordnung zugleich erkennen lassen wollte, in wie weit die in dieser Abhandlung vertheidigte Theorie von mir selbstständig entwickelt wurde. — Spätere Zusätze wurden darum in Klammern gestellt oder in Noten verwiesen.

Abschnitt sich vergrößerte, um so deutlicher wurde mir das Mangelhafte der einmal gewählten Disposition, und es bleibt mir auch in dieser Hinsicht nur die Hoffnung auf eine milde Beurtheilung.

Meinem verehrten Herrn Präses, Herrn Professor Vogel, so wie den Herren Professoren Bischoff, Buff, Leuckart, Phöbus und Zamminer, sage ich für die Bereitwilligkeit, mit welcher sie mich durch Mittheilung der betreffenden Literatur unterstützten, den innigsten Dank.

Am 20. April 1852.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Erster Abschnitt.	
Einige Beobachtungen, betreffend die Irradiation.	
Vom Wesen der Irradiation	9
Erste Bedingung der Irradiation	10
Zweite Bedingung der Irradiation	14
Apparat zur Beobachtung und Messung der Irradiation	18
Beobachtung und Messung irradiirender Flächen	19
Messung irradiirender Flächen und Fenster	22
Verschwinden kleiner Gesichtsobjecte durch Irradiation	33
Irradiation farbiger Bilder	34
Rückblick	38

Zweiter Abschnitt.

Angaben der bekanntesten Autoren über die Irradiation.

Cap. I. Die Irradiation bis zu Plateau.	46
Aelteste Spuren von Beobachtung und Erklärungsversuchen der Irradiation	46
Kepler	47
Galilei	55
Gassendi	57
Schickard	58
Descartes	59
Wilhelm Herschel	61
Goethe	62
Joslin	65
Zweifel über die Existenz der Irradiation; Irradiation der Astro- nomen	69

Cap. II. Plateau's Darstellung der Irradiation.	74
Lehrsatz I und II	76
Lehrsatz III und IV	82
Lehrsatz V	86
Lehrsatz VI und VII	88
Lehrsatz VIII	91
Lehrsatz IX, X und XI	133
Lehrsatz XII und XIII	136
Lehrsatz XIV	149
Wiederholung von Plateau's Irradiationsgesetzen	159
Cap. III. Die Irradiation seit dem Erscheinen der Arbeiten Plateau's	165
Baumgartner	165
Rudolf Wagner	166
Ruete	168
Brücke	171
Volkmann	172
Valentin	180
Dove	184
Powell	195
Erklärung der Abbildungen	197

Einleitung.

Unter **Irradiation** versteht man bekanntlich die Erscheinung, daß helle Körper auf dunklem Grunde, aus gewissen Entfernungen gesehen, größer scheinen, als sie dem Sehwinkel nach sollten. Betrachtet man, um ein alltägliches Beispiel zu geben, ein Dambrett aus einiger Entfernung, so fällt sogleich auf, daß die weißen Felder die schwarzen an Gröfse übertreffen.

Die Irradiation ist eine schon sehr lange bekannte Erscheinung; ihre Existenz drängte sich zunächst den Astronomen auf, bei deren Beobachtungen sie einen oft sehr nachtheiligen Einfluß übte, indem die Himmelskörper, je nach ihrer Lichtstärke und Entfernung, und weiterhin je nach Verhältnissen der Instrumente und der Gesichtsbeschaffenheit des Untersuchenden, in verschiedenem Mafse irradiirend, über ihre Durchmesser täuschten. Erst seit Ende des vorigen Jahrhunderts hat man die Irradiation vorzugsweise auch an terrestrischen Objecten und in Folge dessen auch unter Ausschluss der die Sache complicirenden Tuben untersucht; man hat verschiedene Eigenschaften der Irradiation auf das Bestimmteste festgestellt, über das Wesen der Erscheinung aber noch nicht zu unumstößlicher Gewifsheit gelangen können.

Der herrschenden, schon sehr alten, durch eine ausführliche Bearbeitung neuerdings wieder kräftig gestützten Theorie nach (Descartes, Plateau) beruht die Irradiation auf

Ausbreitung des Lichteindrucks über die Grenzen der vom hellen Bilde getroffenen Netzhautstelle hinaus; also vorzugsweise auf einer Thätigkeit der Nervenhaut. Es giebt aber noch eine andere, gleich alte und fast vergessene Theorie (Kepler), welche annimmt, daß das irradiirende Bild in der seiner Perception entsprechenden Ausdehnung sich objectiv auf der Nervenhaut dargestellt finde und welche die Ursache hiervon in den brechenden Theilen des Auges sucht.

Der Verfasser, welcher sich zu der letzteren Ansicht bekennt, hat in dem zunächst folgenden Abschnitte einige Beobachtungen zusammengestellt, welche ihn zu jener Theorie geführt haben.

Es dürfte vielleicht nicht unzweckmäfsig sein, diejenigen Sätze, durch welche die in Rede stehende Gesichterscheinung in einem der verbreitetsten Lehrbücher, in Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik, abgehandelt wird, voranzustellen. Dieselben sind zugleich Dasjenige, was mir bei Abfassung dieses ersten Abschnittes über Irradiation bekannt war *).

(Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik, dritte Auflage, 1847. Bd. I.)

„(§. 203.) **Irradiation.** Wenn der Mond sichelförmig erscheint, und zugleich der Rest seiner Scheibe durch schwache Beleuchtung von aschfarbigem Lichte wahrnehmbar ist, so scheint die Sichel überzugreifen, d. h. sie scheint einer Scheibe von gröfserem Halbmesser anzugehören, als der Rest des Mondes. (Vgl. die dem Auge zu ferne zu haltende Fig. 7, Taf. I.) Eine solche scheinbare Vergröfserung wird fast überall beobachtet, wo man einen hellen Gegenstand auf dunklem Grunde sieht; umgekehrt aber erscheint ein dunkler Gegenstand auf hellem Grunde verkleinert. Man hat die hierher gehörigen Erscheinungen mit dem Namen der Irra-

*) Spätere Zusätze finden sich in eckige Klammern eingeschlossen oder als Noten beigefügt.

diation bezeichnet. Ganz besonders hat Plateau die Gesetze der Irradiation zu ermitteln gesucht. (Pogg. Ann. Ergänzgsbd. 1842).“

„Die folgende Vorrichtung ist sehr geeignet, diese interessante Erscheinung zu zeigen. Die obere Hälfte einer Pappscheibe von 7 Zoll Höhe und 5 Zoll Breite überziehe man mit weißem Papiere, während die untere Hälfte schwarz angestrichen wird. Die obere Hälfte theilt man dann durch einen schwarzen Streifen von zwei Linien Breite, die untere durch einen eben so breiten weißen Streifen, so daß der weiße Streifen in der Verlängerung des dunkeln liegt, wie man Fig. 532 sieht.“ (Taf. I, Fig. 1 dieser Abhdlg.) „Diesen Apparat stelle man neben einem Fenster auf, so daß er wohl beleuchtet ist, und entferne sich 12 bis 15 Fufs davon, so wird der weiße Streifen auffallend breiter erscheinen, als der schwarze. Noch auffallender kann man die Erscheinung machen, wenn man die weißen Felder und den weißen Streifen ganz ausschneidet, und den Apparat an einer der oberen Scheiben eines Fensters so befestigt, daß man durch die ausgeschnittenen Stellen den hellen Himmel erblickt.“

„Der Grund der Irradiation ist in einer Ausbreitung des Lichteindrucks auf die Netzhaut zu suchen, sie ist also in Beziehung auf den Raum, was das Beharren der Eindrücke auf der Netzhaut, wovon so gleich die Rede sein wird, in Beziehung auf die Zeit ist.“

„Da die Irradiation **keine objective, sondern eine rein subjective Erscheinung** ist, so wird sie auch nicht für alle Personen gleich stark sein. Auf eine weiße Papptafel von denselben Dimensionen, wie die Fig. 533 dargestellte, male man zwei schwarze Felder so, daß der Rand a b ein Millimeter rechts, der Rand g h ein Millimeter links von der verticalen Mittellinie der Tafel liegt.“ (Taf. I, Fig. 2.) „Aus einiger Entfernung betrachtet, scheinen nun die Ränder a b und g h in eine verticale Linie zu fallen; doch ist diese Entfernung für verschiedene Individuen sehr ungleich. Plateau fand, „daß bei einer Person diese Coincidenz schon bei der Entfernung von 2,5 Metern statt-

fand, was für den Winkelwerth der Irradiation 1 Min. 22 Sec. giebt; bei einer anderen Person trat aber die Coincidenz erst bei einer Entfernung von 12 Metern ein, bei dieser betrug also der Winkelwerth nur 17 Sec.“

„Der Winkelwerth der Irradiation ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstands vom Auge; die absolute Breite also, welche wir der Irradiation beilegen, ist unter übrigens gleichen Umständen der Entfernung des Gegenstandes proportional.“

„Die Irradiation zeigt sich bei allen Entfernungen, von der Weite des deutlichen Sehens bis zur unendlichen Entfernung.“

„Die Gröfse der Irradiation wächst mit zunehmender Lichtstärke, doch wächst sie nicht in demselben Verhältnisse wie die Helligkeit, sondern in einem bei zunehmender Helligkeit stets abnehmenden Verhältnisse.“

„Die Existenz der Irradiation wurde einige Zeit hindurch selbst von ausgezeichneten Astronomen und Physikern bezweifelt; weil die mit den besten Fernröhren angestellten Beobachtungen von dem Einflusse der Irradiation ganz frei waren, so fand man z. B. den Durchmesser des Mondes ganz gleich, man mochte die Messung bei Tage machen, wo er nur ganz matt auf dem blauen Himmel erscheint, oder des Nachts, wo er glänzend auf dem dunklen Grund steht. Dies ist aber sehr wohl erklärlich. Der Gesichtswinkel, unter welchem wir den Durchmesser des Mondes sehen, beträgt ungefähr 30 Minuten; wenn nun der Winkelwerth der Irradiation für das beobachtende Auge 1 Minute beträgt, so erscheint offenbar der Durchmesser des Mondes durch die Irradiation um 2 Minuten, also um $\frac{1}{15}$ vergrößert. Betrachtet man nun den Mond durch ein gutes Fernrohr, so wird wohl der Durchmesser des Mondes, aber nicht die Irradiation, vergrößert; nehmen wir an, das Fernrohr bewirke eine 100malige Vergrößerung, so wird der Durchmesser des Mondes unter einem Gesichtswinkel von 3000 Min. erscheinen; wenn nun dieser Winkel durch die Irradiation noch um 2 Min. vergrößert wird, so beträgt doch diese Vergrößerung nur

1500, sie übt also hier einen verhältnismässig sehr geringen Einfluss aus. Bedenkt man nun ausserdem noch, dass die Intensität des Lichts durch die starke Vergrößerung geschwächt wird, dass also auch deshalb noch der Einfluss der Irradiation geringer ausfällt, so begreift man sehr gut, wie bei Beobachtungen mit guten Fernröhren die Irradiation ganz verschwindet.“



Es ist nicht allein die Vertheilung der Kräfte, sondern auch die Richtung der Kräfte, die in der Natur beobachtet wird, die uns zu der Erkenntnis der Gesetze der Natur führt. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen. Die Gesetze der Natur sind die Gesetze, die die Natur in sich selbst hat, und die wir durch die Beobachtung der Natur zu erkennen suchen.

Erster Abschnitt.

Einige Beobachtungen, betreffend die Irradiation.

Einige Beobachtungen, betreffend die Irradiation

Erster Abschnitt

§. 1.

Vom Wesen der Irradiation.

Ich glaube, daß die Irradiation nicht eine subjective, sondern eine objective, physikalische Erscheinung sei. Nicht unsere Netzhaut macht die Irradiation; sie ist kein Product unserer Vorstellung, erzeugt durch Fortpflanzung des Lichteindrucks oder der Lichtempfindung einer Netzhautstelle auf deren Umgebung: sondern die Objecte irradiiren. Das unserer Auffassung materiell entsprechende Bild des irradiirenden Objectes nimmt unser Gesichtsorgan wahr, wie jedes andere Netzhautbild; die Lichtempfindung geht nicht weiter, als der Lichteindruck. —

Es ist uns ein Mittel gegeben, die Irradiation auszuschliessen; wir nennen dasselbe Accommodation der Augen für die Entfernung des Sehobjectes. —

Wenn ein Körper von einer Seite her nur durch wenig Lichtstrahlen getroffen wird und darum dunkel erscheinen würde, aus einer anderen Richtung aber reichliches Licht empfängt und nun sehr hell erscheint, so möchte dies wohl dasselbe sein, was, auf unserer Netzhaut stattfindend, mit dem Namen »Irradiation« belegt zu werden pflegt*]. Ueberall, wo dunkle und helle Körper sich nebeneinander befinden, sind die Verhältnisse gegeben, welche Irradiation bedingen können, während die Erscheinung ausgeschlossen werden kann durch mechanische Mittel.

*] — »itaque pene idem fit in oculo, quod supra de radii figuratione demonstravi in pariete fieri.«

Kepler, bei Erklärung der Irradiation.

Gegenstände, die sich aufserhalb der Sehweite befinden, werden, wenn sie überhaupt gesehen werden, bekanntlich mit **Zerstreungskreisen** gesehen. Ein solches Netzhautbild fällt mit seinem Rande in das Bild des neben ihm befindlichen Gegenstandes. Sind beide Bilder von sehr verschiedener Lichtstärke, so wird an der Stelle, wo beide ineinandergreifen, nur das hellere Bild, wiewohl mit einiger Schwächung gesehen. Ein Körper, welcher leuchtender ist, als seine Umgebung, dem Auge näher oder entfernter gebracht, als die Sehweite, scheint darum gröfser, als er dem Sehwinkel gemäfs erscheinen sollte; der irradiirende Theil seines Bildes schneidet von dem benachbarten, dunkleren Bilde ein Stück hinweg. — Ausdrücke, wie : leuchtende Körper werden weit gesehen, helle Streifen auf dunkeltem Grunde stechen auf weithin ab — wollen grofsentheils nichts Anderes heifsen, als : sie irradiiren. —

Die Irradiation, in dieser Weise betrachtet, wäre eine dem **Doppeltsehen** verwandte Erscheinung. Während beim Doppeltsehen das Bild eines Gegenstandes auf nicht sich deckende Netzhautstellen beider Augen, oder das Bild verschiedener Gegenstände in beiden Augen auf sich deckenden Netzhautstellen zur Wirkung kommt, wird bei der Irradiation eine und dieselbe Netzhaut an einer und derselben Stelle von verschiedenen Bildern getroffen, deren eines das andere übertönt, oder deren Eindrücke sich vermischen, je nachdem beide Bilder an Helligkeit entweder sehr verschieden, oder ziemlich gleich sind.

§. 2.

Erste Bedingung der Irradiation :

Das Sehobject mufs auf der Netzhaut Zerstreungskreise bilden.

Die Lichtempfindung geht nicht weiter, als der Lichteindruck.

Ein Körper A B (Taf. I, Fig. 3), welcher zur Hälfte hellfarbig, zur Hälfte dunkelfarbig ist, erzeugt auf der Netzhaut a a des ihm accommodirten Auges ein vollkommen

scharfes, entsprechendes Bild; je von einem Punkte ausgehende Strahlen werden auf einem entsprechenden Punkte der Netzhaut wieder vereinigt; die Grenzen des Bildes und seiner Theile sind durchaus unvermischt, von Irradiation wird keine Spur wahrgenommen.

1. Irradiation wegen zu grofser *Nähe* des Sehobjectes.

Befindet sich das Object dem Auge zu nahe, so würden die Strahlen erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen; die Netzhaut *b b* (Fig. 3) wird von abgestutzten Strahlenkegeln getroffen. Nur der äufßere Theil des Netzhautbildes wird auf der einen Seite ausschließlic durch weisse, auf der anderen Seite ausschließlic durch Strahlen des dunkelen Bildes vermittelt; der mittlere Theil der berührten Netzhautstelle erhält gemischte Strahlen. — Die Wirkung ist so, als ob an der mittleren Stelle die dunkelen Strahlen kaum vorhanden wären.

2. Irradiation wegen zu grofser *Entfernung* des Sehobjectes.

Hier vereinigen sich die Strahlen schon vor der Netzhaut; sie kreuzen sich und treten wieder zu Kegeln auseinander, deren Basis die Netzhaut *c c* trifft. Auch hier Vermischung der mittleren Strahlen, in der Wirkung Vorherrschen der hellen.

Ob Pouillet-Müller's Physik diese beiden Verschiedenheiten der Irradiation anerkennt, scheint nicht ganz deutlich; die betreffende Stelle, Seite 455, lautet:

„Die Irradiation zeigt sich bei allen Entfernungen, von der Weite des deutlichen Sehens bis zu unendlicher Entfernung.“

[Plateau, von welchem die citirte Stelle herrührt, kennt nur die durch zu grofse Entfernung bedingte Irradiation. Vgl. unten §. 30 und 31.]

Alle Gegenstände, wenn sie nicht accommodirt werden, irradiiren, sobald zwischen ihnen und

ihrer Umgebung ein genügender Unterschied in der Helligkeit der Färbung besteht. [Je geringer der Helligkeitsunterschied, um so mehr tritt Dasjenige ein, was in dieser Abhandlung als farb m i s c h e n d e I r r a d i a t i o n beschrieben wird. §. 8; §. 37.]

Je gröfser die Bildineinanderschiebung und je greller der Helligkeitsunterschied, um so stärker die Irradiation [die gewöhnliche, übertönende Irradiation].

[Eine weifse Kreisfläche erscheint durch Irradiation oval, wenn die Umgebung, wie in Fig. 4 (Taf. I), an zwei einander gegenüberstehenden Stellen schwarz, an den anderen grau gemalt ist und die Verbindungsstellen ineinander schattirt sind.]

Die meisten Fälle von Irradiation, die unserer Beobachtung sich aufdrängen, haben ihre Ursache in zu grofser Entfernung des Sehobjectes. Ist die Entfernung aber allzugrofs, so wird, wenn der helle Körper nicht sehr hell und nicht von hinreichender Gröfse ist, die Irradiation nicht bemerkt, weil das Sehen hier überhaupt zu undeutlich wird.

Ein bequemes Beispiel der Irradiation giebt der Anblick eines auf Zimmerlänge entfernten Schachbrettes. Die weifsen Felder, statt nur mit den Ecken sich zu berühren, vereinigen sich zu Streifen, welche einander in der Richtung der Diagonallinien kreuzen. [Vgl. die ideale Zeichnung Fig. 5, Taf. I. Denselben Anblick hat man, wenn Fig. 6 sehr nahe an's Auge gebracht wird; die vergrößerten weifsen Felder scheinen annähernd kreisförmig.] Von den schwarzen Dambrettfeldern pflegen nur die vierzehn äufseren ihre Gröfse so ziemlich zu behalten (wenn nämlich der Hintergrund weniger hell ist, als die weifsen Felder); sie werden, statt von vier Seiten, nur von dreien geschmälert. — Ein Geländer von weifsen Palissaden sieht bei einiger Entfernung einer weifsen Wand ähnlich. Weifse oder Goldbuchstaben auf einem dunklen Schilde kann man weiter lesen, als schwarze Buchstaben auf weifsem Grunde. [Gemälde, welche mit wenig Farben und groben Pinselstrichen gemalt sind, verdanken der durch Beschauen aus gröfserer

Entfernung entstehenden Irradiation und Ineinandertretung der unvermittelten Sprünge ihrer Schattirung das Ansehen größter Feinheit und Treue; Transparentgemälde insbesondere werden auf diesen Effect gearbeitet. Ganz dieselben Verhältnisse machen sich bei der Betrachtung von Fernsichten geltend. — Nichts Anderes, als eine Irradiationserscheinung ist es, wenn wir mikroskopische Objecte bei zu hoher und bei zu niedriger Stellung des Tubus verschwinden sehen.]

Wie die Existenz der Irradiation von ausgezeichneten Astronomen und Physikern eine Zeit hindurch bezweifelt werden konnte (Pouillet-Müller, Seite 456), ist kaum glaublich. Die Irradiation fehlte, wenn der Mond durch Fernröhre beobachtet wurde — wovon der Grund sehr nahe liegt. — Die Irradiation soll am Monde entdeckt worden sein. Es ist wunderbar, daß man am Himmel suchte, was man auf der Erde viel besser haben konnte. Der Architect, jeder Plafondmaler, wird die Irradiation zu berücksichtigen haben; jede Dame weiß, daß ein weißer Schuh einen großen Fuß macht.

Hören die Sebjecte auf, Zerstreuungskreise auf der Netzhaut zu bilden, mit anderen Worten: vermag das Auge sich der betreffenden Entfernung zu accommodiren, so hört auch die Irradiation auf. Wer zum erstenmal eine Brille aufsetzt [eine Concavbrille], bemerkt, daß die Lichter ihm nun weniger strahlen; die Sterne scheinen ihm kleiner.

Als Thatsache steht ferner fest, daß die Irradiation aufgehoben werden kann, wenn man den Gegenstand durch eine feine Oeffnung ansieht. Die Ursache liegt darin, daß der Gegenstand nun accommodirt wird. Oft ist es zum Zustandekommen der Accommodation schon hinreichend, mit den Augenlidern zu blinzeln oder das Auge bis auf einen schmalen Spalt zu schließen *]. Visirt man einen irradiiren-

*] »Nam contractis palpebris et fronte corrugata plurimae talium falsarum specierum deterguntur.«

Kepler, Paralip., pag. 219.

den Gegenstand am Rande eines nahe an's Auge gehaltenen Körpers vorbei, so hört die Irradiation an jener Stelle auf. — Ein Nadelstich, durch welchen Sehobjecte angeblickt werden, die Pupille, sind irradiirende Fenster [§. 6].

Das Princip der Optometer scheint sich auf die Frage zu reduciren: In welcher Entfernung wird ohne Irradiation gesehen? Die Scheiner'sche Nadel, an der Stelle, wo sie einfach gesehen wird, zeigt uns die Entfernung, in welcher die Kartenblattstiche nicht irradiiren würden.

Die Diaphragmen scheinen die Irradiation nicht sowohl durch Abschneidung, als vielmehr durch Beilenkung der äußeren Strahlen aufzuheben.

[Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, daß wenn bei'm Beschauen durch eine feine Oeffnung die Irradiation verschwindet, im Auge die inneren Vorgänge stattfinden, wodurch sich das Auge sonst selbstständig den verschiedenen Entfernungen accommodirt; ich sage nur: in dem endlichen Resultate geschieht insofern dasselbe, als in beiden Fällen je von einem Punkte des Objectes ausgehende Strahlen in distinkten Punkten auf der Netzhaut vereinigt werden. Der Kürze halber wurde in dieser Abhandlung das Auge — im Gegensatz zu dem Irradiation erzeugenden Auge — accommodirt genannt, mochte der gemeinte Effect nun durch den an und für sich für das Object passenden Refraktionszustand des Auges, oder durch dessen selbstständiges Accommodationsvermögen, oder durch Veränderung des Accommodationszustandes in Folge von Ermüdung, oder endlich durch Hinzuziehung von Linsen, Diaphragmen und anderer äußeren Mittel bewirkt sein.]

§. 3.

Zweite Bedingung der Irradiation:

Ueberwältigung des dunkelen Lichteindrucks durch das helle Bild an den von beiden Bildern gemeinschaftlich getroffenen Netzhautstellen.

Daß der Eindruck des hellen Bildes den Eindruck des dunkleren da, wo beide zugleich stattfinden, verdrängt, be-

weist unter anderem der von Pouillet-Müller angegebene Versuch mit der schwarzen Scheidewand, welche dem einen Auge den Blick auf ein weißes Papier verschließt *]. Die Netzhautregion beider Augen, welche beide Eindrücke erhält, vermittelt nicht die Vorstellung von Mittelgrau, sondern die von einem nur wenig getrühten Weiß. Doch ist dabei zu bemerken, daß in diesem Falle Accommodation für das weiße Papier stattfand, für das schwarze nicht **]. [Eine sehr bekannte Erscheinung ist es, daß ein schon ziemlich dunkelblauer Kleiderstoff, welchem verhältnißmäßig nur sehr wenig Gelb aufgedruckt oder eingewoben ist, bei einiger Entfernung das

*] Die Argumentation, auf welche sich hier bezogen wurde, ist kurz folgende. P.-Müller (Lehrbuch der Physik, I, S. 454), um zu zeigen, „daß man mit zwei Augen heller sieht, als mit nur Einem“, giebt folgendes Beispiel: Man sehe auf einen Streifen weißen Papiers, während vor das eine Auge ein dunkler Schirm so gehalten wird, daß für dieses Auge die eine Hälfte des weißen Papiers verdeckt ist; „der Theil des Papiers, welcher mit beiden Augen zugleich gesehen wird, erscheint heller als die andere Hälfte, die man nur mit Einem Auge sieht.“ In dem von P.-Müller angeführten Versuche sieht man aber die eine Hälfte des hellen Papiers minder hell nicht nur darum, weil sie nur mit Einem Auge gesehen wird, und dieses also vom zweiten nicht unterstützt wird, sondern hauptsächlich darum, weil die Auffassung jenes Auges durch diejenige des zweiten positiv gestört wird. Wenn a b c (Taf. II, Fig. 8) das weiße und S das schwarze Papier bezeichnet, welches letztere von rechts her zwischen das rechte Auge und die rechte Hälfte des weißen Papiers gehalten wird, so trifft beim Fixiren des weißen Papiers das Bild des schwarzen auf nicht sich entsprechende Netzhautstellen. Die linke Hälfte des weißen Blattes, von a bis b, erscheint sehr weiß — sie schickt Strahlen auf entsprechende Stellen beider Netzhäute. Die Abtheilung b c dagegen sendet bloß ins linke Auge Lichtstrahlen, und zwar auf eine Netzhautstelle, deren entsprechende des rechten Auges von Strahlen des dunklen Papiers getroffen wird. Die Stelle b c erscheint mithin getrüht; innerhalb derselben sieht das rechte Auge das links stehende Doppelbild des schwarzen Papiers.

**] Ohne diesen letzteren Umstand würde die Stelle b c eine beträchtliche Trübung gezeigt haben, deren durchaus nicht unansehnliche Steigerung in der Nähe von b gänzlich übersehen wurde. — Jener Versuch kann hier zu einem Beweise nicht benutzt werden, indem die Auffassung bei verschiedenartigen, durch analoge Stellen zweier Retinen vermittelten Lichteindrücken von ganz anderen Bedingungen abhängt, als hier vorausgesetzt wurde. (Siehe unten, §. 43.)

Gelbe, als die hellere Farbe, vorherrschen läßt und ziemlich hell grün erscheint. — Die Zusammenstellung von Blau, Weiß und Roth ist auch aus dem Grunde wohl gewählt, weil das bei Irradiation wachsende Weiß seine Nachbarfarben rein erhält, während bei einer anderen Zusammenstellung, wie z. B. bei Blau, Roth und Gelb die Farben sich mischen und Violett und Orange zwischen die Grundfarben treten.]

Die herrschende Theorie von der Irradiation scheint, soweit aus P.-Müller hervorgeht, die im vorigen Paragraphen genannte, rein physikalische Bedingung der Irradiation, beruhend auf Brechung, nicht anzuerkennen. Nun fragt es sich, wenn die Irradiation der Physik vindicirt werden sollte: Ist nicht die zweite Bedingung der Irradiation eine rein physiologische, in der Netzhaut liegende?

Warum bei gleichzeitigem Einwirken von Hell und Dunkel nicht ein Mittelton, sondern fast ausschließlich das Helle empfunden wird, möchte nicht so leicht zu erklären sein. Analogien beweisen nichts; aber die Erscheinung erinnert an die Uebertäubung eines sanften Tones durch einen grellen Klang, der gleichzeitig unser Ohr trifft. Eine helle Farbe ist für die Netzhaut ein stärkerer Reiz, als eine dunkle; eine Netzhautstelle, durch welche Weiß wahrgenommen wurde, ist oft noch nach längerer Zeit für Wahrnehmung einer dunklen Farbe abgestumpft; wie viel weniger mag die dunkle Farbe gleichzeitig mit der hellen zur vollständigen Wirkung gelangen können? — Man kennt viele Fälle von chemischer Einwirkung des Lichts. Es ist ganz denkbar, wie das weiße Licht stärker auf die Netzhaut wirken muß, als das zerlegte, und das wenig zerlegte stärker, als das stark zerlegte. — Läßt man zwei gleich breite, aneinandergrenzende Papierstreifen, deren einer blau, der andere roth ist und die von gleicher Helligkeit sind, [Taf. II. Fig. 9] irradiiren, so gewinnt weder der eine, noch der andere an Breite; im Gegentheile werden beide gleichmäfsig geschmälert, indem die übereinandertretenden Theile beider Bilder ein violettes Bild veranlassen [Fig. 10]. Ebenso irradiirt Gelb und Blau nur darum nicht grün, weil der Helligkeitsunterschied zwischen

beiden Farben in der Regel zu groß ist; nimmt man das Blaue recht hell, so hat das Gelbe weniger Uebergewicht, und die irradiirende Stelle erscheint grün.

Ich glaube darum nicht, daß die Netzhaut eine Wahl habe, das helle oder das dunkle Bild zu empfinden und daß nur aus inneren, in der Netzhaut liegenden Gründen das hellere Bild bevorzugt würde. Schon objectiv hat das hellere Bild das Uebergewicht. Das schwarze Feld des Dammbretts macht wohl eben so große Zerstreuungskreise, wie das weiße Feld *]; aber das schwarze Feld wirkt weit schwächer, während das weiße seine Netzhautstelle stark illuminirt **]. Ich habe die Versuche nicht weiter ausdehnen können und namentlich Versuche mit ausgeschnittenen Thieraugen niemals angestellt; aber ich habe die Ueberzeugung (wenn nicht allzu große Kleinheit der Bilder und andere Verhältnisse hindernd mitwirken), die Irradiation auf der Netzhaut sich bilden zu sehen durch Uebereinandertreten verschieden heller Bilder und Ueberstrahlung der weniger hellen. Mit einem Apparate wenigstens müßte sich die Erscheinung hervorbringen lassen.

[Die Versuche, an welche hier gedacht wurde, waren: Beobachtung des Bildchens in einem künstlichen Auge von größeren Dimensionen; sodann aber: Auffangen des Bildes eines abwechselnd zu fern und zu nahe gehaltenen Irradiationsobjectes in einem künstlichen Auge, welches an der Stelle der Retina eine Daguerre'sche Platte besitzen sollte ***].

*] Die verschiedene Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen dürfte wohl, soweit es in Bezug auf die Irradiation hier geschieht, unberücksichtigt bleiben.

**] — „alba vero et clara fortiter illustrant suam superficiem.

Kepler, Paralip.

***] In Volkmann's Abhandlung über das Sehen (R. Wagner's Handwörterbuch) findet sich, Seite 300, die Bemerkung, daß Gerling, welcher die Netzhautbilder mit der Loupe prüfte, nicht nur die verschiedene Deutlichkeit derselben unterscheiden, sondern sogar die verschiedenen Entfernungen des Focus von der Netzhaut, mittelst der Paralaxe der Bilder, messen konnte. — Siehe ferner am Schlusse dieser Abhandlung bei Powell.

Ich beschränkte mich zunächst auf die Beobachtung der irradiirenden Bilder, welche eine Convexlinse bei Benutzung eines Objectes Fig. 1 (Taf. I) auf einem weissen Papiere entwarf.]

§. 4.

Apparat zur Beobachtung und Messung der Irradiation.

In ein Plättchen Tabaksblei wurden zwei quadratische Fenster, jedes von 6 Par. Linien in Seite, eingeschnitten. Der gegenseitige Abstand beider Fenster war so gross, dafs ein 6 Linien breites Feld dazwischen stehen blieb. Sodann wurde ein Stückchen weisses Kreidepapier mit Touche geschwärzt, aber zwei Quadrate von 6 Linien Seite weifs gelassen, ebenfalls 6 Linien von einander entfernt (Taf. III, Fig. 18^a). Endlich wurden noch verschiedene andere irradiirende Kärtchen gemalt, mit verschiedenen Formen und Verhältnissen der irradiirenden Flächen.

Um diese Objecte, welche, auf Stäbchen aufgesteckt, von kleinen Klötzchen getragen wurden, bequem zu beobachten und zu messen, wurden sie auf einer 18 Par. Zoll langen, graduirten Leiste, die längs der einen Seite einen Führungsrand hatte, hin- und hergeschoben [vgl. Taf. II, Fig. 11]. An das dem Auge zugewendete Ende war ein Brettchen senkrecht befestigt, in welches in der Höhe der zu beobachtenden Objecte ein rundes Fenster von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser eingeschnitten war. Zu beiden Seiten, sowie unterhalb dieser Augenöffnung, waren drei schmale, mit einem Falz versehene Leistchen angeleimt, so dafs kleine Bleiplättchen von 8 Lin. Breite und $1\frac{1}{2}$ Zoll Höhe sich vor das Fenster einschieben liefsen. Von innen konnte das Fenster durch ein drehbares, dreieckiges Stückchen Blech nach Belieben und von jeder Seite her verkleinert und verschlossen werden [Taf. V, Fig. 30]. Vier Zoll von der Augenöffnung entfernt (meine Sehweite) konnte auf die graduirte Leiste ein aus drei Hölzern zusammengesetzter Rahmen aufgesteckt werden [Taf. II, Fig. 11, a b c], welcher als Anlage des Zirkels oder als Stützpunkt für das

Papier beim Zeichnen diene. Der auf einem schmalen Blech liegende Papierstreif [d d, Fig. 11] wurde an den Rahmen so angelehnt, daß die die Irradiation begrenzenden Linien der gemalten Flächen und der Fenster unmittelbar an den Papierstreif zu stoßen schienen, woselbst einige Bleistiftstriche [e e e e, Fig. 11] die Dimensionen bequem und ziemlich sicher bestimmten.

[Für mehrere Zwecke würde folgendes Verfahren geeigneter sein. Ein weißes Feld, auf der einen Seite senkrecht begrenzt von einem schwarz gemalten Felde, mit dem entgegengesetzten Rande hinter ein zweites, dem vorigen parallel stehendes schwarzes Feld verschieblich, während eine auf dem weißen Felde verzeichnete Scala das Maß des zu Tage stehenden ablesen läßt, durchlaufe die ganze Bahn des Beobachtungsapparates, während durch geeignetes Verschieben des weißen Feldes (Aus- und Einziehen) dessen scheinbare Breite dem Abstände zweier von der Fläche d d (Taf. II, Fig. 11) herabragenden Nadelspitzen gleich erhalten wird.]

§. 5.

Beobachtung und Messung irradiirender Flächen.

Versuch I. Eine Kreisfläche, welche eine weiße und eine schwarze Hälfte besaß (Taf. II, Fig. 12^a), entwarf bei 4 Zoll Beobachtungsweite ein solches Bild im Auge, daß die Auffassung der Wirklichkeit vollkommen entsprach. Wurde die Scheibe aus ihrer Stellung geschoben, so vergrößerte sich die weiße Hälfte gegen die schwarze, und zwar umsomehr, je mehr die Scheibe diesseits der Sehweite dem Auge genähert wurde oder jenseits derselben in größere Entfernung kam. Der in den Mittelpunkt der Scheibe gemalte rothe Fleck schien dann sammt dem Diameter aus der Mitte gerückt. Fig. 12^a zeigt die Scheibe in natürlicher Größe. Fig. 12^b zeigt einen Kreisausschnitt derselben, gezeichnet bei 4 Zoll Entfernung, während die Scheibe sich 12 Zoll vom Auge befand. Fig. 12^c zeigt Dasselbe bei Verschiebung eines Diaphragmas vor die Augenöffnung; das Auge vermag nun

zu accommodiren, die Verhältnisse erscheinen symmetrisch, wie bei Fig. 12^a.

Wurde nach Entfernung des Diaphragmas und Rückkehr der Irradiation die irradiirende weisse Hälfte der Scheibe durch ein vorgehaltenes schwarzes Papier bis auf einen schmalen Streifen bedeckt, so bewegte sich weder der rothe Punkt in die Mitte zurück, noch sah man irgend ein Wachsen der geschmälerten schwarzen Hälfte. Wohl aber war dies der Fall, wenn der schwarze Papierstreif nahe am Auge hin und her bewegt wurde — es tritt dann Accommodation ein.

Befindet sich die Scheibe in dem angestellten Versuche innerhalb der Sehweite, so kommen die Strahlen der schwarzen Hälfte auf einer eben so grossen Netzhautstelle zur Vereinigung, als die Strahlen der weissen Hälfte; beide Hälften des Bildes sind scharf getrennt. Befindet sich die Scheibe ausserhalb der Sehweite, so bedecken die nicht zur Vereinigung kommenden oder die wieder divergirenden Strahlen der schwarzen Hälfte gewiss eine eben so grosse Netzhautstelle, als die Strahlen der weissen Hälfte; die Zerstreuungskreise der beiden Hälften greifen bis zu einer gewissen Entfernung ineinander. Aber die gemeinschaftliche Stelle — mit Ausnahme des äussersten Randes, denn die Grenze ist allerdings nicht sehr scharf — erscheint eben so weiss, als das übrige Weiss der Scheibe.

Versuch II. Ein bemaltes Stückchen Kreidepapier, dargestellt durch Fig. 1 (Pouillet-Müller's Fig. 532), wurde bei 12 Zoll Entfernung angesehen. Der schmale weisse Streifen schneidet nach genauer Messung von den beiden schwarzen Feldern eben so viel weg und wird dadurch um eben so viel breiter, als der schwarze Streifen durch die beiden weissen Felder geschmälert wird. — Bei gröfserer Entfernung erscheinen die Grenzen nur sehr wenig scharf; die Ecken der weissen Felder scheinen abgerundet.

[Was diese Abrundung der Ecken betrifft, welcher wir in der Folge noch mehrfach begegnen, so leuchtet von selbst ein, dafs z. B. ein helles Object a b c (Taf. II, Fig. 13) nicht

etwa in der Ausdehnung $a' b' c'$ Zerstreuungskreise bilden kann. Die Spitze b des Objectes wirft ihre Zerstreuungskreise in einen Umkreis, welcher von der Linie $d e$ berührt wird, und das durch die Zerstreuungskreise vergrößerte Bild erscheint, statt spitz auszulaufen, abgerundet. So erscheint ein kleines weißes Dreieck oder eine kleine dreieckige Oeffnung, dem Auge zu nahe gehalten, kreisrund.]

Versuch III. Eine weiße Quadratfläche von $\frac{1}{2}$ Zoll in Seite, auf schwarzem Grunde, und eine solche von 1 Zoll wurden nacheinander, bei 16 Zoll Entfernung, im Zustande der Accommodation und der Irradiation gemessen.*] Die scheinbare Gröfse des accommodirten kleineren Feldes zeigt Fig. 14^a (Taf. II); die scheinbare Gröfse des accommodirten gröfseren zeigt Fig. 15^a; letzteres erschien in seinen Seiten genau doppelt so groß, als das vorige. Die scheinbare Gröfse des bei 16 Zoll irradiirenden kleinen Feldes zeigt Fig. 14^b. Das gröfsere Feld, irradiirend, erscheint aber nicht doppelt so groß in Seite, als das vorige, es erscheint nicht so groß, wie die äußere [punktirte] Contour von Fig. 15^b, sondern nur so groß, wie deren innere Contour. [Fig. 14^a, wie Fig. 15^a, vergrößert sich mithin längs jeder Seite durch den Irradiationshof n o.]

Der entsprechende Versuch wurde mit irradiirenden Feldern gemacht, welche sich dem Auge näher, als die Sehweite, befanden; die Entfernung war 1 Zoll vom Auge. Die scheinbare Gröfse eines accommodirten kleineren Quadrats, von 1 Linie in Seite, zeigt Fig. 16^a; diejenige eines accommodirten Quadrats von 2 Linien in Seite zeigt Fig. 17^a. Irradiirten die beiden Felder, so machte das gröfsere Feld kaum ein größeres Bild (Fig. 17^b), als das kleinere Feld (Fig. 16^b). Auf dieses auffallende Verhältnifs wird sehr bald zurückgekommen werden.

*] Bei allen diesen Messungen befand sich der Papierstreif, auf welchen die Contouren der Objecte nach Andeutung der Fig. 11 übertragen wurden, 4 Zoll vom Auge.

§. 6.

Messung irradiirender Flächen und Fenster in verschiedenen Entfernungen, verglichen mit der durch Accommodation bewirkten Gröfse.

Um zu ermitteln, wieviel die Irradiation in jeder Entfernung betrage, wurden die zur Irradiation benutzten Flächen und Fenster stets auch im Zustande der Accommodation gemessen. Um aber auch dafür einen sicheren Anhaltspunkt zu haben, dafs die Irradiation wirklich ausgeschlossen und Accommodation eingetreten sei [Vgl. Ende von §. 2], wurde zwischen zweien, gleich grofsen hellen Feldern ein dunkles Feld von gleicher Gröfse angebracht; nur wenn diese drei Felder vollkommen gleich grofs erschienen, wurde Accommodation angenommen. Für die Irradiation jenseits der Sehweite schienen Quadrate von 6 Linien in Seite eine passende Gröfse zu haben (Taf. III, Fig. 18^a); für Irradiation diesseits der Sehweite wurden Felder von 1 Quadratlinie angewendet (Taf. IV, Fig. 22 und 23^a).

Versuch IV. Irradiation jenseits der Sehweite. Hier fällt zunächst auf, dafs die in Tabaksblei eingeschnittenen Fenster nicht stärker irradiiren, als die weifsen Felder des Kreidepapiers. Beide wurden in verschiedenen Entfernungen, bei 6, 8, 10, 12, 14 und 16 Zoll, gemessen — die Zeichnungen Fig. 18 b' c' d' e' f' und g' passen für die Fenster, wie für die Flächen. [Der Himmel, gegen den die Fenster sich projecirten, war nicht sehr hell.] Bei Irradiation wegen zu grofser Nähe (Versuch V) irradiirten die Fenster stärker, als die Flächen.

Bei stattfindender Accommodation erscheinen gleich grofse Fenster und Flächen in jeder beliebigen gleichen Entfernung — wie nicht anders zu erwarten — gleich grofs. Bezüglich der Fig. 18 b bis g ist wohl nicht zu zweifeln, dafs wirklich accommodirt, richtig gemessen und gezeichnet wurde. Der Querdurchmesser eines Feldes betrug bei 8 Zoll Entfernung genau die Hälfte, bei 16 Zoll genau $\frac{1}{4}$ des Durchmessers der

in der Sehweite von 4 Zoll gemessenen Felder (Vgl. die Figg.). Die Felder erschienen mithin mittelst der unter Anblicken durch ein enges Diaphragma zu Stande gekommenen Accommodation genau so groß, als sie dem Schwinkel nach erscheinen mußten.

Die irradiirenden Flächen und Fenster anlangend, kann es gar nicht anders sein, als: die Mittelpunkte der accommodirten Felder sind auch die Mittelpunkte der irradiirenden Felder. Ein helles Quadrat auf gleichmäfsig dunkeltem Grunde wächst durch Irradiation ringsum gleichmäfsig. Man sollte darum erwarten, die Contouren der accommodirten Felder würden sich von denen der irradiirenden in der Weise umrändern lassen, daß die ersteren von den letzteren gleichmäfsig umsäumt erschienen (Taf. IV, Fig. 19); dieses ist aber (an Versuch III erinnernd) nicht der Fall. Fig. 20 (Fig. 18 e und 18 e') zeigt bei a die accommodirten, bei b die irradiirenden Felder, jede in derselben Entfernung gemessen. Die weissen Felder müssen dieser Zeichnung nach bei Irradiation jenseits der Sehweite vorzugsweise nach außen hin wachsen.

Dieser scheinbare Widerspruch mag darauf beruhen, daß die Felder in einer geraden Ebene liegen. Ein irradiirendes Feld, welches der Sehaxe rechtwinklich gegenübersteht, muß mit allen Rändern gleichmäfsig irradiiren. Thatsache scheint es, daß in diesem und dem folgenden Versuche die Felder stets quadratförmig erschienen. *]

Die Zeichnungen der irradiirenden Felder (Fig. 18 b' bis g') bilden in der Veränderung ihrer Proportionen eine gleichmäfsige Reihenfolge. Aber auch das Wachsen der weissen Felder nach außen hin scheint mit der Construction der Fig. 3 übereinzustimmen. Jenes Verhältniß scheint sich demnach zu Gunsten der durch Zerstreuungskreise entstehenden Irradiation erklären zu lassen, während bei einer anderen Theorie

*] Interessante Versuche über diesen letzteren Punkt wurden angestellt von Dr. Adolf Fick. Siehe am Schlusse dieses Paragraphen.

die Erklärung vielleicht schwer werden dürfte. Denn warum der Lichteffect zu fern liegender heller Körper vorzugsweise nach dem Netzhautrande hin, der Lichteffect zu nahe liegender heller Körper (wie sich sogleich zeigen wird) vorzugsweise nach der Mitte hin sich verbreiten sollte, scheint unerklärlich *].

Bezüglich des Wachsens der Irradiation jenseits der Sehweite zeigt schon der Augenschein, daß dasselbe mit der Entfernung von der Sehweite in einem ganz bestimmten Verhältnisse steht. Es müßte sich leicht nach einer Formel berechnen lassen, wieviel die Irradiation für ein Auge, dessen Sehweite man kennt, in jeder Entfernung betragen würde. Die Felder werden zwar immer kleiner, weil der Sehwinkel immer kleiner wird; aber ein Blick auf die noch weit stärker abnehmenden accommodirten Felder, vor Allem aber das Schwinden des schwarzen Mittelfeldes lassen keinen Zweifel, daß die Irradiation mit der Entfernung steigt.

Den Satz:

„Da die Irradiation keine objective, sondern eine rein subjective Erscheinung ist, so wird sie auch nicht für alle Personen gleich stark sein“ (Pouillet-Müller, pag. 455),

muß ich mir übersetzen:

„Da die Sehweite aus rein physikalischen Gründen bei verschiedenen Menschen verschieden ist, so kann auch die Irradiation nicht für Alle gleich stark sein.“

Versuch V. Irradiation diesseits der Sehweite.

Das Beobachtungsobject [Fig. 22 a : weiße Flächen, Fig. 23 a : Fenster] in b 3 Zoll, in c $2\frac{1}{2}$ Zoll, in d 2 Zoll, in e $1\frac{1}{2}$ Zoll, in f 1 Zoll, in g $\frac{1}{2}$ Zoll vom Auge.)

Die accommodirten Fenster (Taf. IV, Fig. 23 a bis g) erscheinen hier größer, als die accommodirten Flächen (Fig. 22 a—g); dieser Unterschied ist in der allernächsten Nähe, z. B. bei $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung (Fig. 23 g und Fig. 22 g) sehr

*) Die Untersuchungen Sturm's über die Asphäricität der brechenden Oberflächen waren mir unbekannt.

beträchtlich. Beugung der Randstrahlen mag wohl die Ursache sein. Sobald die Objecte dem Auge mehr, als um die halbe Sehweite, zu nahe kommen, geben die Fenster auch bei der Irradiation ein beträchtlich größeres Bild.

Ein Blick auf die Abbildungen zeigt, daß die Irradiation bei Versuch V hauptsächlich nach innen zu wächst (siehe auch Fig. 21, Taf. IV).

Für die Beobachtung der Irradiation diesseits der Sehweite ist mein Auge insofern wenig geeignet, als zwischen ihm und seiner Sehweite nur wenig Raum ist, [der kleine Weg aber, auf welchen der hin- und herrückende Objectträger beschränkt ist, jeden durch Unvollkommenheit des Beobachtungsapparates und durch Ungleichheiten im Anlegen des Auges entstehenden Fehler stark hervortreten läßt.]

Aus den Abbildungen ist ersichtlich, daß bei $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung die irradiirende Quadratlinie kleiner erscheint, als die accommodirte. Man würde zweifeln, ob wirklich Irradiation stattgefunden, sähe man nicht das Mittelfeld geschwunden, den vorhergehenden Figuren gegenüber [so ziemlich] in gleichmäßigem Fortschritte *). Es fragt sich weiterhin: Entsprechen Fig. 22 g oder Fig. 23 g wirklich accommodirten Feldern von 1 Quadratlinie? Ist diese starke Vergrößerung wirklich nur das Product des sehr gewachsenen Seh winkels, oder wurde das Bild durch die Randstrahlen des Diaphragmas auseinandergebrochen? — Eines ist nicht zu bezweifeln: die Netzhaut wird in unserem Falle, trotz der beträchtlichen Nähe des Objectes, nicht von Lichtkegeln, sondern von punktförmig vereinigten Strahlen getroffen, sonst könnte das Mittelfeld sich nicht erhalten haben, die Irradiation nicht ausgeschlossen sein.

Der Versuch III zeigte, daß auch schon weiter vom Auge die Gröfse des accommodirten Bildes die des irradiirenden übersteigen kann, wenn nämlich das Object ein größeres

*) Die Zeichnung widerspricht; Fig. 22 g' und 23 g' zeigen ein breiteres Zwischenfeld, als Fig. 22 f' und 23 f', durch welche letzteren doch ein geringerer Grad von Irradiation dargestellt werden sollte. Es muß sehr verschiedene Beleuchtung oder verschiedene Disposition des Auges stattgefunden haben.

ist. Dasselbe betrug in Versuch III 2 Lin. in Seite. Es muß darum einen Punkt geben, an welchem ein dem Auge als ebene Fläche gegenüberstehendes Object, accommodirt, wie irradiirend, gleich groß erscheint, und dieser Punkt muß mit zunehmender Größe des Objectes immer mehr der Sehweite sich nähern. —

[Die zu Versuch IV gemachte Bemerkung, daß zwei nebeneinanderstehende, jenseits der Sehweite irradiirende Felder vorzugsweise an ihren einander nicht zugewendeten Rändern wüchsen (S. 23) würde mit einem unten zu besprechenden, von Plateau aufgestellten Gesetze übereinzustimmen scheinen, fände bei Irradiation diesseits der Sehweite (Versuch V) nicht gerade das Umgekehrte Statt. Jene Bemerkung von Seite 23 ist aber nur von sehr relativer Richtigkeit, und es hätte vielmehr gefragt werden sollen, ob das Nichtineinanderfallen der Centra der irradiirenden und accommodirten Felder nicht etwa in den letzteren seinen Grund habe, indem das Diaphragma bei Aufstellung des Objectes jenseits der Sehweite zu kleine (Vgl. Fig. 20), diesseits der Sehweite zu große Bilder geliefert habe (Vgl. Fig. 21). Jede Annäherung des Diaphragmas zum Auge vergrößert, Entfernung verkleinert ein *jenseits* der Sehweite befindliches Object (gleichgültig, ob solches hell oder dunkelfarbig ist); bei Lagerung des Objectes *diesseits* der Sehweite ist das Umgekehrte der Fall: Annäherung des Diaphragma zum Auge verkleinert, Entfernung vergrößert das Bild, — wovon man sich mittelst des Ende §. 4 beschriebenen Apparates leicht überzeugen kann. Ich unterlasse indessen jede weitere Erörterung über die im vorstehenden Capitel beregten Verhältnisse, indem mir die Anstellung mehrerer hierfür nöthigen Versuche für jetzt unmöglich ist. — Ich bemerke noch, daß auch die Größe der gewählten Diaphragmenöffnungen, obwohl bei Einer Versuchsreihe niemals gewechselt wurde, unberücksichtigt blieb, während es nach unseren Voraussetzungen doch von selbst zu erwarten steht, daß eine kleine

Oeffnung die Irradiation vollständiger ausschliesst, als eine gröfsere.]

§. 6 a.

[Eine im Herbst vorigen Jahres gedruckte, und mir soeben, nach Abschlufs meines Manuscriptes, in Henle und Pfeufer's Zeitschrift (Neue Folge, Bd. II, S. 83) zur Hand gekommene, unseren Gegenstand nahe berührende Abhandlung von Dr. Adolf Fick (*De errore optico quodam asymetria bulbi oculi effecto*) mufs ich bedauern, nicht mehr so, wie ich gewünscht hätte, benutzen zu können. Ich beschränke mich darum auf einen um so ausführlicheren Auszug.

Das Grundphänomen in Fick's Untersuchungen besteht darin, dafs »dem Auge ein horizontaler weifser Streifen auf dunklem Grunde breiter, als ein gleich breiter verticaler erscheint.«

»Ein helles Quadrat auf dunklem Grunde erscheint als aufrecht stehendes Oblongum.«

» — — Unsere Erscheinung, wie man sich jeden Augenblick überzeugen kann, findet augenscheinlich bei vollkommener Accommodation und sonach deutlichem Sehen Statt.« —

Eine Erklärung, an welche Fick vorübergehend dachte, war die Annahme, »dafs das Bild einer verticalen Linie auf der Netzhaut mehr empfindende Elemente decke, als das einer gleich grofsen horizontalen, und dafs in Folge davon verticale Dimensionen gröfser taxirt würden.« Aber in diesem Falle »müfsen sich für sehr kleine Gesichtswinkel die Verhältnisse umkehren« — — »folglich alsdann die horizontalen Dimensionen vergrößert erscheinen, was der Erfahrung zuwider, indem unsere Erscheinung von der Gröfse des Gesichtswinkels unabhängig ist.«

Den Grund des von ihm beschriebenen Phänomens findet Fick »in einer Abweichung der brechenden Flächen des Auges von der Kugelgestalt.« Er bezieht sich bei dieser Erklärung auf Sturm's Theorie von der durch

die Ungleichheit der zusammenwirkenden Krümmungsflächen der brechenden Medien bedingten Strahlenaberration (Sturm, Pogg. Ann., Bd. LXV, Seite 116. — Siehe auch Volkmann, Artikel „Sehen,“ in Wagners Handwörterbuch, Seite 290 und 291) und statuirt demnach für den horizontalen und den verticalen Axenschnitt zwei verschiedene, hinter einanderliegende Convergenzpunkte. Fick glaubt sich nun durch seine Versuche zu der Annahme berechtigt, daß das Auge — wenigstens bei unbefangenen Fixiren eines weissen, schwarz umgebenen Objectes — sich unwillkürlich stets so adjustire, »daß der Convergenzpunkt der in der horizontalen Ebene befindlichen Strahlen gerade in der Netzhaut enthalten sei«; — »ein in der Sehaxe befindlicher leuchtender Punkt wird dann auf der Netzhaut eine verticale gerade Linie« bilden. Ist das Object ein weisses Quadrat, »so werden sich die linienförmigen Netzhautbildchen der einzelnen leuchtenden Punkte der Länge nach zum Theil decken, und die erleuchtete Fläche der Netzhaut selbst wird nicht mehr quadratisch, sondern aufrecht stehend oblong sein.« Die beiden verticalen Begrenzungslinien müßten dann, wie Fick bemerkt, mit vollkommener Schärfe, »die horizontalen, wegen der theilweisen Deckung der Zerstreuungsbilder« *] »nicht mit demselben Grade der Deutlichkeit gesehen werden können«, welchen Mangel uns aber, nach Fick, die Gewohnheit übersehen macht.

In Uebereinstimmung mit der Theorie Sturm's und einer von Volkmann (a. a. O.) verzeichneten Beobachtung eines Herrn Airy, so wie einer Beobachtung Young's, nimmt demnach Fick für verticale und horizontale Linien zwei besondere Accommodationszustände an. Der Ausdruck : »Das Auge ist für eine gewisse Entfernung adaptirt« bedeutet ihm nur : »Es sieht in dieser Entfernung verticale

*] Wir finden hier offenbar die Ansicht, daß bei Concurrenz heller und lichtarmer Zerstreuungskreise die hellen vorzugsweise percipirt würden — mithin eine durch Irregularität der Krümmungsflächen bedingte Irradiation.

Linien vollkommen genau.“ Hauptsächlich aber in folgender Stelle findet sich die bereits angedeutete Theorie Fick's ausgesprochen: „Die unwillkürliche Accommodation beim unbefangenen Fixiren eines passenden Objectes geschieht in der Weise, daß unter den von einem Punkte des fixirten Objectes ausgehenden Strahlen diejenigen auf einem Punkte der Netzhaut convergiren, die in der Ebene des horizontalen Axenschnittes liegen, so daß alsdann die übrigen ein lineares, vertical stehendes Zerstreuungsbild zu Stande bringen. Das Herausragen dieser Zerstreuungsbilder über die horizontalen Begrenzungslinien, welche die geometrische Construction für kugelförmige brechende Flächen verlangte, giebt dann Veranlassung zu dem Phänomen, von dem wir handeln. Fixirt man nun ein solches weißes Object auf dunklem Grunde, wie wir es oben vorausgesetzt haben, anhaltend, so treten häufig Schwankungen in dem Accommodationszustande des Auges ein, der Art, daß die verticale Seite des betrachteten Quadrates zusehens ab- und die horizontale zunimmt und sich so das Phänomen umkehrt.“

Zufolge der Sturm'schen Theorie müßte, wie Fick nun weiter bemerkt, „bei unverändertem Auge für unendlich ferne leuchtende Punkte der hintere Brennpunkt, für möglichst nahe der vordere Brennpunkt auf der Netzhaut liegen; wenn also in großer Entfernung die verticalen Linien vollkommen deutlich gesehen werden und folglich ein Quadrat als stehendes Rechteck erschien, so müßten nun, in möglichster Nähe, umgekehrt die horizontalen Linien deutlicher und ein Quadrat als liegendes Rechteck erscheinen. Da aber nun im Gegentheil regelmäßig, in jeder Entfernung, bei unbefangener Fixation ein Quadrat als stehendes Rechteck erscheint, so muß offenbar der von den in der horizontalen Ebene liegenden Strahlen herrührende Brennpunkt stets auf der Netzhaut bleiben, mag er übrigens der vordere oder der hintere sein.“

Was das Maß der scheinbaren Verlängerung eines weißen Quadrats für verschiedene Entfernungen betrifft, so kommt Fick zu dem Schlusse, „daß die Linie, welche die scheinbare Verlängerung mißt, bei constanter Pupillenöffnung

der Entfernung des Gegenstandes direct proportional ist.« »Dafs man sich in sehr kleinen Entfernungen gar nicht merklich täuscht, ist schon aus der täglichen Erfahrung hinlänglich bekannt und mufste nach obiger Betrachtung vorausgesagt werden.« Ein weifses Viereck von 20 Millim. Höhe, 22 Breite, auf schwarzem Grunde, erschien in einer Entfernung von 4,5 Met. als Quadrat, (Vgl. Taf. VIII, Fig. 71, quer gelegt.) »die scheinbare Verlängerung betrug mithin etwa 2 Millim.« In einer Entfernung von nur 2,9 Met. erschien ein 20 Millim. hohes Viereck quadratförmig, wenn es 21 Millim. breit war — die scheinbare Verlängerung betrug also nur 1 Millim. — Bei sich verengernder Pupille fand Fick die Gesichtstäuschung geringer. —

Bei schwarzen Objecten auf weifsem Grunde würde nun zu erwarten stehn, »dafs das Phänomen sich umkehren müfste, wenn der Accommodationszustand des Auges derselbe bliebe«, indem auch in diesem Falle »die Bilder der hellen Flächenstücke die horizontalen Begrenzungslinien wegen der Zerstreuungsbilder überragen müfsten«, und es müfste folglich »ein schwarzes Quadrat auf hellem Grunde weniger hoch, als breit erscheinen.« Dieser Erwartung »wird aber von der Erfahrung keineswegs vollkommen entsprochen«; bei manchen Augen zwar trat jener Erfolg vollkommen ein; vielen anderen Augen aber »erscheint von zwei schwarzen, gleichbreiten Streifen auf hellem Grunde der horizontale breiter.« Zur Erklärung dieses Verhältnisses folgert Fick, dafs, während bei Betrachtung weifser Objecte auf dunklem Grunde (wie oben gesehen) unwillkürlich und constant »Einstellung des Auges auf verticale Linien erfolge«, nun, bei Betrachtung dunkler Objecte auf weifsem Grunde häufig »Einstellung auf horizontale Linien« unwillkürlich zu Stande komme.

Zur Entscheidung der Frage endlich: »Convergiren bei Einstellung des Auges auf verticale Linien die in der verticalen Ebene liegenden, von einem Punkt ausgehenden Strahlen hinter oder vor der Netzhaut?« mit anderen Worten: »müfste (die Gesamtstrahlenbrechung im Auge als Effect

einer einzigen Oberfläche gedacht) der Krümmungshalbmesser des verticalen Axenschnittes dieser Fläche am Scheitel gröfser oder kleiner gedacht werden, als der des horizontalen? — beruft sich Fick auf den von ihm angestellten Versuch, in welchem bei Fixation eines 4,6 Met. vom Auge entfernten Objectes die horizontalen Contouren eines zwischen Visirpunkt und Auge, vom Auge 3 Meter entfernten, weissen Kreuzes ziemlich scharf, der verticale Streif verbreitet erschien, und folgert hieraus, (hierin mit Sturm übereinstimmend) »dafs der zu den in der Horizontalebene liegenden Strahlen gehörige Brennpunkt der hintere sei« und dafs demnach »bei Annahme einer einzigen brechenden Oberfläche der Krümmungsradius des verticalen Axenschnittes kleiner zu denken sei, als der des horizontalen.« —]

[Ich habe die mitgetheilten, interessanten Versuche nachgeahmt und kann es mir, sonst dem gepriesenen »nonum prematur« huldigend, nicht versagen, die sehr rasch gewonnenen Resultate kurz beizufügen.

Ein jenseits der Sehweite befindliches, aus gleich breiten Streifen zusammengesetztes Kreuz zeigt mir den horizontalen Streifen stets breiter, mag dasselbe nun weifs auf schwarzem Grunde, oder schwarz auf weifsem Grunde sein.

Ebenso erscheint mir ein zu entfernt gehaltenes Quadrat — weifs oder schwarz — als aufrecht stehendes Oblongum; doch erfordert die Beschaffenheit meines Auges, um den Effect deutlich zu haben, eine nicht zu geringe Gröfse des Objectes (Figg. 71 und 72, Taf. VIII, sind mir zu klein für den Versuch bei Beobachtung jenseits der Sehweite).

Bringe ich aber ein weisses oder schwarzes Rechteck, welches breiter, als hoch ist, z. B. (nach Fick) 22 Millim. breit, 20 hoch (Taf. VIII, Fig. 71 und 72, quer gehalten), nahe an's Auge, so erscheint mir das Viereck, in Widerspruch mit den Angaben Fick's, nicht nur nicht quadratförmig, sondern noch weit mehr nach den Seiten hin ausgedehnt, als dasselbe in Wirklichkeit ist. Halte ich dagegen die steil stehende

Figur nahe an's Auge, so erscheint sie mir, je näher sie kommt, mehr und mehr quadratförmig. Ein Quadrat wird in diesem Falle zum liegenden Oblongum, doch darf dasselbe für mich nicht unter 9 Millim. in Seite haben.

Im Hinblick hierauf, endlich, glaube ich den Augen trauen zu dürfen, wenn diese mir schon außerdem die volle Ueberzeugung gaben, daß ein Quadrat in der Sehweite — quadratförmig erscheine. —

Mit vollstem Rechte scheint Fick darauf aufmerksam zu machen, daß bei diesen Versuchen auf unbefangene Betrachtung Alles ankomme. Ich erinnerte mich nun einer Bemerkung, die mir ein Mann von sehr sicherem Augenmaße, ein Buchbinder, der zugleich ein nicht ungeübter Zeichner ist, vor längerer Zeit gemacht hatte, als ich demselben in einer dem in Rede stehenden Gegenstande verwandten Frage (Siehe unten §. 31) die Fig. 65 (Taf. VIII) zur Prüfung vorlegte. Jener Mann nämlich sagte mir, daß ein nicht vollkommen quadratförmiges Stück Pappe ihm unter allen Umständen quadratförmig vorkomme, wenn dasselbe seine längeren Seiten senkrecht habe. (Also gerade das Entgegengesetzte von Fick's Beobachtung.) Es sei aber bei den Buchbindern ein ganz gewöhnlicher Vortheil, ein solches Stück entweder in die Diagonale, oder in eine solche Lage zu drehen, daß die langen Seiten horizontal gerichtet seien, in welchem Falle die wahre Gestalt sogleich mit Sicherheit erkannt würde. Nach der Ursache jener Täuschung fragend, erhielt ich die gewiß nicht unrichtige Antwort: der Buchbinder sei gewöhnt, schmale, steilstehende Rechtecke (Octavbände) vor Augen und im Sinne zu haben; Formen, die jenen Typus vermissen ließen, kämen ihm darum noch niedriger vor, als sie wirklich seien. — Als ich nun jenem Manne Fig. 71, den größeren Durchmesser senkrecht, nahe an's Auge hielt, erklärte er dieselbe für quadratförmig. Gesah dies aus derselben Ursache, welche ihn bei seinen Pappestücken irre führt, oder werden (wie ich glaube) auch andere Augen Fig. 71 bei naher Haltung sich seitlich ausdehnen sehen, so wie ich es sah? —

Was das Theoretische des citirten Aufsatzes betrifft, so möchte ich, der ich diesen Gegenstand »auf Einen Sitz« kennen lernen und kurz behandeln mußte, mir für jetzt keine Aeufserungen erlauben. Eben so wenig versuche ich, die neu gewonnenen Ergebnisse mit mehreren Gegenständen des §. 6 in Verbindung zu bringen.

Wie kam es aber, daß die jenseits der Sehweite beobachteten weißen Felder von Fig. 18 mir nicht als aufrecht stehende Oblonga, die weißen Felder von Figg. 22 und 23 nicht als liegende Oblonga erschienen? Die Antwort ist einfach die: weil sie dies auch jetzt mir nicht thuen. Das Bekenntniß eines solchen Uebersehens würde nicht schwer fallen; aber ich war gewiß unbefangen bei den Versuchen, welche mich belehrten, daß jene Quadrate, für mich wenigstens, zu klein sind, um den fraglichen Effect erkennen zu lassen. Fig. 18 a, allerdings, zeigt mir bei Betrachtung dieserseits der Sehweite — wofür sie nicht bestimmt war — seitliche Verbreitung ihrer Felder.]

§. 7.

Verschwinden kleiner Gesichtsubjecte durch Irradiation.

Die Scheidewand, welche die irradiirenden Felder trennt, braucht nur etwas schmaler zu sein, als in den beiden vorigen Versuchen, oder das Object noch etwas weiter vom Auge entfernt, oder aber noch mehr genähert zu werden, um die Scheidewand ganz verschwinden zu sehen, indem beide irradiirenden Felder ineinandergreifen. Ein sehr gewöhnliches Beispiel solcher Irradiation liefern die Kartenblattlöcher beim Scheinerschen Versuche. Man kann drei, vier und mehr Irradiationshöfe ineinandertreten lassen. Weiße Punkte auf schwarzem Grunde (Taf. V, Fig. 29) bilden irradiirend die nämliche Figur, wie die Scheiner'schen Nadelstiche.

Ein Dreieck, welches mit einer Nadel auf schwarz grundirtes Kreidepapier eingeritzt ist (Taf. IV, Fig. 24a), irradiirt, einen Zoll vom Auge entfernt, etwa so, wie Fig. 24 b es darstellt. Die Zerstreuungskeise, an welchen man die in der

Abbildung angedeuteten Schattirungen wahrnimmt, werden bei gröfserer Annäherung zum Auge immer breiter, bis der letzte Rest des eingeschlossenen schwarzen Dreiecks verschwunden ist (Fig. 24 c), [ja bei noch gröfserer Annäherung des Objectes zum Auge tritt noch ein neues, centrales, umgekehrt stehendes Dreieck auf, welches heller ist, als diejenigen der Fig. 24 c, nämlich dreifach so hell, als die Stellen w w.]

[Die Stellen w w (Fig. 24 b und 24 c) erscheinen heller, als die Stellen w, weil in w w die Netzhaut von den Zerstreuungskreisen zweier weissen Streifen zugleich getroffen wird und demnach doppelt soviel Licht, als in w erhält. Weiterhin zeigen sich innerhalb der einzelnen Felder w und w w hellere und dunklere Stellen; ein Erklärungsversuch dieser verschiedenen Nuancirungen folgt unten, §. 55.]

Ganz ähnlich, wie Fig. 24 a, verhält sich bei Irradiation eine aus schwarzen Linien auf weifsem Grunde gebildete Figur (25 a, b, c). Die Stellen s derselben werden — unbeschadet der Irradiationstheorie — für weit dunkler angeschlagen, als vorher die Stellen w der weifslinigen Figur: gerade so, wie ein grauer Schnitzel auf weifsem Grunde dunkler erscheint, als auf hellem Grunde.

Dieselben Erscheinungen, wie bei zu naher Betrachtung, sind von Fig. 24 a und 25 a bei Aufstellung jenseits der Sehweite zu erwarten; mein Auge ist bei der Kleinheit des Objectes für jene Entfernung wenig geeignet. Bei mikroskopischer Beobachtung mittelst einer sehr schwachen Vergrößerung zeigte mir zu hohe wie zu tiefe Einstellung des Tubus genau die Bilder von Fig. 24 b, c und 25 b, c; die Bilder bei zu hoher Einstellung aber entsprechen denjenigen, welche mir Beobachtung mit blofsem Auge nicht deutlich macht.]

§. 8.

Irradiation farbiger Bilder.

Von Schwarz weifs man, dafs es keine Farbe sei; man erhält die Vorstellung von Schwarz, wenn ein Körper alle

Strahlenarten des weissen Lichtes verschluckt; und doch sollen in dem vorigen Paragraphen schwarze Felder Zerstreuungskreise auf der Netzhaut gebildet haben?

Das Schwarze, welches wir sehen, muſs etwas Anderes sein, als dasjenige, welches wir uns vorstellen, wenn wir nicht sehen. Ein schwarzer Gegenstand, so schwarz wir ihn nur malen können, ist immer etwas anderes, als eine Lücke im Bilde; wir sehen nicht blos den Rand des schwarzen Bildes, wir sehen die ganze Fläche desselben. Ueberdies gesteht man dem Schwarzen immer noch einige Strahlen zu; und diese mögen bei der Irradiation Zerstreuungskreise bilden.

Wenn es nun nach den folgenden Versuchen wahr ist, daſs ein helles Bild um so stärker irradiirt, je mehr seine Umgebung gefärbt ist, so würde in dieser Beziehung Schwarz den Character der Farbe im höchsten Grade besitzen, denn Schwarz übertrifft alle übrigen Farben in der Begünstigung der Irradiation.

Eine Figur von drei Quadraten, jedes von $\frac{1}{2}$ Zoll Seite, die äufseren weifs, das innere violett, die Umgebung ebenfalls violett, wurde mit den Objecten des Versuchs IV und V [Weifs auf Schwarz] in der Irradiation verglichen. Innerhalb der durchexperimentirten Entfernungen — vom Auge an bis zu 16 Zoll — fand sich kaum ein Unterschied gegen die Resultate von Versuch IV und V.

Bei Blau und Weifs grenzte sich die Irradiation ebenfalls sehr scharf ab und zeigte im Vergleich mit der zwischen Schwarz und Weifs stattfindenden Irradiation wenig Verminderung. Violett und Weifs, Blau und Weifs besitzen einen genügenden Unterschied in der Lichtstärke; der Eindruck von Weifs überwältigt die dunkle Farbe, die Weifs empfindende Netzhautstelle hat für den gleichzeitigen schwächeren Reiz keine Empfindung.

Anders zeigt sich die Irradiation, wenn Farben von gleicher Lichtstärke und Lebhaftigkeit gewählt werden, wie z. B. Blau und Roth.

Man pflegt zu sagen: Ein rother Schnitzel auf blauem Grunde erscheint violett, weil der Grund das Ueberge-

wicht hat. Allerdings erscheint der Schnitzel violett [bei Betrachtung aufserhalb der Sehweite], aber auch eben so viel Blau des Grundes erscheint durch das Roth des Schnitzels violett — die irradiirenden Strahlen halten sich hier das Gleichgewicht. Klebt man einen rothen Schnitzel auf blauen Grund (Taf. V, Fig. 26 a) und einen eben so grossen blauen Schnitzel auf rothen Grund (Fig. 26 b), so sieht man, dafs bei einer und derselben Entfernung beider Objecte, z. B. bei 8 Zoll, beide Schnitzel, und ebenso der umgebende Grund, gleich viel verloren haben durch einen schmalen, ziemlich scharf begrenzten, violetten Saum. Bei 16 Zoll waren die Schnitzel durchaus violett, aber auch der Grund war bei beiden gleichmäfsig betheiligt. Sehr schön ist die Erscheinung auch, wenn die Farben dicht an's Auge gehalten werden.

Durch Irradiation eines rothen Schnitzels auf Grün entsteht ein sehr reines Moosgrün.

Kommen von solchen gleichgewichtigen Farben zwei nebeneinander befindliche Felder zur Irradiation, so erscheint mithin keines vergröfsert, sondern beide gleichmäfsig geschmälert durch einen sie trennenden, die Mischfarbe zeigenden Streifen. —

Anders verhält sich Blau und Gelb, wenn nicht ganz helles Blau gewählt wird. Hier irradiirt das Gelbe sehr stark, das Blaue überwältigend, mit ziemlich scharfer Begrenzung; ein schmaler Saum, der zwischen beiden Farben undeutlich wurde, schien nicht grün, sondern röthlich grau.

Hellblau und Gelb irradiiren schön grün. Bei Gelb und Weiss zeigt Weiss ein ansehnliches Uebergewicht. —

[Greift bei nebeneinander irradiirendem Blau und Roth die Mischfarbe wirklich in beide Farben genau gleich weit ein, so ist dies ein Zeichen, dafs beide Farben gleiche Lichtstärke besitzen; aber wir nennen das Blaue dann hellblau, das Rothe dunkelroth, indem jenes Roth in der rothen Schattirung nahe beim dunkelen Ende, jenes Blau in der blauen Schattirung mehr nach dem hellen Ende zu liegt. — Bei ungleicher Lichtstärke zweier Farben hält sich die durch Ir-

radiation entstehende Mischfarbe mehr auf dem Boden der dunkleren Farbe; die Zerstreuungskreise des helleren Bildes retten sich gegen den Eindruck der dunkleren in einer dem Helligkeitsunterschied entsprechenden Ausdehnung. —

Reiht man verschiedenfarbige Papierstreifen in folgender Ordnung mit ihren Längsrändern nebeneinander: Gelb, Roth, Blau, Schwarz und kreuzt dieselben rechtwinklich durch einen darübergelegten weissen, überall gleich breiten Papierstreif (Taf. V, Fig. 27), so erscheint dieser, aus gehöriger Entfernung betrachtet, keilförmig, mit der Spitze im Gelben. Man erkennt keine Absätze von Farbe zu Farbe, indem die verschiedenen Farben selbst ineinander irradiiren. Besitzen die Farbenstreifen in Wirklichkeit einerlei Breite, so erscheint der weisse Streifen bei Irradiation in seiner Mitte mehr parallelrandig, indem Roth und Blau, wenn die Farben von mittlerer Helligkeit gewählt wurden (etwa der in dem mittleren Theile jeder Spectrumfarbe herrschende Ton), dem irradiirenden Weiss gegenüber nicht so verschiedene Widerstandsfähigkeit besitzen, als Gelb und Schwarz. — Reiht man gleichgrosse (etwa quadratförmige) Felder von gelber, rother, blauer und schwarzer Farbe auf weissem Grunde nebeneinander, so gestaltet sich der bunte Streifen durch Irradiation zu einer im Ganzen konischen Figur.]

Eine Figur, mit Ausnahme des einen Feldes, welches hier grau ist, derjenigen des Versuchs IV entsprechend, zeigt in ihrem grauen Felde gegen das gleich grosse weisse Feld eine sehr viel geringere Irradiation. Fig. 28 (Taf. V) zeigt das irradiirende Object bei 16 Zoll Entfernung. Die Grenze der Irradiation zeigte sich sehr verwischt; die Zerstreuungskreise des grauen Bildes sind an dessen Grenzen wohl so matt, dafs sie das Schwarze nicht mehr übertönen, sondern mit demselben sich mischen. Vielleicht auch machen die verschiedenen Farben durch verschiedene Brechung verschieden grosse Zerstreuungskreise.

Weisse Felder scheinen sich bei schlechter Beleuchtung in der Irradiation ähnlich zu verhalten, wie sonst graue.

§. 9.

Rückblick.

Fortpflanzung der Lichtempfindung auf seitliche, vom Bilde nicht getroffene Netzhautstellen scheint a priori nicht wahrscheinlich, wenn man eine solche Verbreitung als etwas Normales, Constantes annehmen wollte, und dies müßte man, wenn die Irradiation daraus erklärt werden soll. Wenn den Mitleidenschaften in vielen Fällen eine grofse Rolle nicht abzusprechen ist, jede Thätigkeit der Netzhaut — die durch äufserer Reizung erzeugte, wie die von inneren Zuständen abhängige — aber Lichtempfindung bedingt, so scheint eine Verbreitung der Lichtempfindung auf die Umgebung der ursprünglich gereizten Stelle im Allgemeinen zwar nicht undenkbar.

Die Wahrheit ist in allen Dingen das Höchste, und wenn der Satz: „Dynamische Wirkung, Ausbreitung der Lichtempfindung ist die Quelle der Irradiation“ unumstößlich verbürgt wäre — er müßte mit Freuden begrüßt werden, obgleich die Schwierigkeit der Erklärung dann erst beginnen würde. Man begreift nicht, warum eine vom Licht getroffene Netzhautstelle die Tendenz, ihre Umgebung mit der Lichtempfindung zu influenziren, verlieren sollte, sobald das Object in die Sehweite kommt, oder umgekehrt, warum die Netzhaut eine solche Tendenz gewinnen sollte, sobald das Object die Sehweite verläßt. Man begreift noch viel weniger, warum eine solche sympathetische Irradiation in dem einen Falle wachsen soll, je weiter das Object, welches dann doch weniger leuchtet, sich entfernt; während die Irradiation in dem andern Falle ebenfalls wachsen soll, je näher das Object dem Auge rückt und an Lichtstärke gewinnt.

Entstünde die Irradiation durch Ausbreitung der Lichtempfindung, so wäre nach Analogien zu erwarten, dafs eine grofse, vom Licht gereizte Netzhautstelle einen grofsen Irradiationshof um sich verbreitete, eine kleine gereizte Stelle nur einen kleinen Kreis in Mitleidenschaft zöge. Ein solches

Verhältniß findet aber durchaus nicht Statt (Versuch III, §. 5). Eine große, weiße Fläche, in der Sehweite, macht gar keine Irradiation; ein schmaler, weißer Körper, in größerer Entfernung, kann durch Irradiation mehr denn doppelt so groß erscheinen, als ohne Irradiation dem Sehwinkel entspricht; rückt man den Gegenstand näher, so macht er ein größeres Netzhautbild, der Irradiationsrand aber wird schmaler.

Die Erklärung der Irradiation durch Zerstreuungskreise liegt so nahe, alle in Betracht kommenden Verhältnisse scheinen so sehr für die Richtigkeit zu sprechen, daß einzig das Allzuangefällige dieser Erklärungsweise, die doch die herrschende nicht ist, mich zuweilen befürchten macht, die Erklärung möchte am Ende richtig sein bis auf einen einzigen, das Ganze umstürzenden Grundirrtum.

Ein letzter Versuch mag noch zu meinen Gunsten sprechen. — Irradiert ein Object mit einem oder mehreren weißen Feldern oder Fenstern — z. B. ein durchlöchertes Blei, nach Art der Fig. 29 (Taf. V), jenseits der Sehweite, etwa bei 8 Zoll Entfernung, und man schiebt den an der Augenöffnung des Beobachtungsapparates angebrachten Blechstreif (§. 4) von rechts her so weit vor, daß etwa die Hälfte der Oeffnung verschlossen wird (Fig. 30), so werden die irradiirenden Felder von derselben Seite her geschmälert (Fig. 31). Befindet sich das irradiirende Object dagegen diesseits der Sehweite, so tritt bei Verschluss von derselben (rechten) Seite die Verkleinerung der Felder von der entgegengesetzten Seite her ein (Fig. 32). Der erste Theil des Versuchs hat nichts Auffallendes; der zweite scheint, ohne die gegebene Erklärung der Irradiation, einen unauflöslchen Widerspruch zu enthalten.

In beiden Fällen wurde ein Theil der von rechts in das Auge tretenden Strahlen durch den Schieber aufgefangen und theilweise gebeugt. In dem ersten Falle, bei Irradiation durch zu große Entfernung, wo die Vereinigungsweite vor die Retina trifft, die Strahlen sich kreuzen und divergirend die Retina treffen, würden die aufgefangenen und am Rande

des Schiebers streifenden Strahlen den linken Rand der Zerstreuungskreise gebildet haben; die linke Hälfte der Zerstreuungskreise fehlt also auf der Netzhaut — wir sagen: die rechte Hälfte fehlt (Fig. 31). In dem zweiten Falle, bei Irradiation durch zu große Nähe, haben die convergirenden Strahlen sich noch nicht vereinigt; die den Schieber treffenden, von rechts her kommenden Strahlen würden die rechte Hälfte der Zerstreuungskreise gebildet haben, die rechte Hälfte fehlt auf der Netzhaut — wir sagen: die linke Hälfte fehlt (Fig. 32). Vgl. auch Taf. I, Fig. 3. *]

[Der vorstehende Versuch liefert den Nachweis, daß, vermöge der beiden bekannten Beobachtungsweiten des Objectes, Zerstreuungskreise zur Wirkung kamen. Wenn nun gleicherweise feststeht, daß bei beiden Beobachtungsweiten Irradiation sich bildete, so bleibt nur die Frage: Welches waren die Zerstreuungskreise und welches der Irradiationshof? Dem Unbefangenen bleibt kein Zweifel, daß die Irradiation an die Zerstreuungskreise geknüpft ist.]

§. 10.

[Von diesem 10ten Paragraphen, welcher durch die auf Vollendung des vorstehenden Textes folgende Lectüre der betreffenden Stellen in Joh. Müller's Physiologie veranlaßt wurde, folgt hier nur das speciell die Irradiation Betreffende.]

— Müller sagt von der Irradiation, welche unter der Rubrik »Wechselwirkung der Netzhauttheile unter sich« aufgeführt ist (S. 370):

»Wenn in einem Bilde zwei entgegengesetzte Eindrücke nebeneinander stattfinden, so hat unter gewissen Umständen der eine auf den anderen Einfluß. Bietet das Bild zur Hälfte den einen, zur anderen Hälfte den

*] An diesen Versuch wurden Bemerkungen über den Scheiner'schen Versuch angeknüpft, welche, da dieser letztere hier doch nicht vollständig abgehandelt werden kann, ausfallen.

anderen Eindruck dar, so findet diese Einwirkung nicht Statt, denn beide halten sich gleichsam das Gleichgewicht.« Ich konnte dies niemals, habe aber stets das directe Gegentheil des zweiten Satzes gefunden. Man denke nur an die Irradiation der Dambrettfelder, die nach diesem Satze nicht stattfinden dürfte.

Müller fährt fort :

»Nimmt aber der eine Eindruck nur einen kleinen Theil der Netzhaut, der andere den größten Theil derselben ein, so kann bei sehr langem Betrachten der Eindruck, welcher den größten Theil der Netzhaut einnimmt, sich über die ganze Netzhaut verbreiten und das kleine, entgegengesetzte Bild ganz verschwinden, an dessen Stelle dann die Beleuchtung des Grundes tritt.«

Wie ein schwarzer Punkt auf weißem Grunde, so müßte nach diesen Worten auch umgekehrt ein weißer Fleck auf schwarzem Grunde verschwinden. Aber es scheint, nicht seiner räumlichen Ausdehnung, sondern seiner größeren Helligkeit verdankt ein Bild bei der Irradiation das Uebergewicht. Ein helles Feld von einer bestimmten Gröfse wächst in einer bestimmten Entfernung durch Irradiation um ein ganz Bestimmtes; der umgebende dunkle Grund mag seine Gröfse verändern, wie er will.

Endlich bedarf die Irradiation nach Müller, um sich zu bilden, einer gewissen Zeit (Wechselwirkung der Netzhauttheile unter sich). — Beruht die Irradiation auf Strahlenbrechung, so tritt das irradiirende Bild irradiirend in's Auge. Aber nicht der Theorie zu lieb braucht die Irradiation keine Zeit; man kann wirklich niemals sehen, daß sie sich erst bilde oder daß sie »nicht von Dauer« sei. Nur um wenig merkliche Spuren kann man die Irradiation ab- und zunehmen machen, indem man das Auge unter Anstrengung dem Accommodationszustande um eine Spur zu nähern vermag. So kann z. B., wenn Fig. 24 a (Taf. IV) den Anblick von Fig. 24 c gewährt, durch Anstrengung des Auges ein kleines, schwarzes Dreieck in der Mitte des Bildes gesehen werden (Annäherung zu Fig. 24 b). [Kleine Gröfsenun-

terschiede, welche die Messung eines und desselben irradiirenden Objectes, z. B. in Versuch IV und V, zuweilen ergab, schrieb ich auf Rechnung des in seiner ersten Form nicht sehr vollkommenen Meßapparates; die von unserem Willen und Ermüdungszuständen des Auges abhängige Veränderlichkeit der Irradiation — welche indessen mit der gegebenen Theorie im vollkommensten Einklange steht — wurde darum nicht genug in Anschlag gebracht. — Ein auffallendes Beispiel von Veränderung der Irradiation durch Ermüdung des Auges findet sich §. 60 des folgenden Abschnittes. —

Noch glaube ich bemerken zu müssen, daß Joh. Müller die Bezeichnung »Irradiation« in einem etwas ausgedehnten Sinne gebraucht, und daß er bei den oben citirten Stellen die gewöhnlich als Irradiation gefasste Erscheinung nicht speciell im Auge gehabt haben mag. Nach Voraussetzung der citirten Stellen betrachtet Müller das Verschwinden von Gesichtsobjecten außerhalb der Eintrittsstelle des Sehnerven und hierauf den Mariotte'schen Versuch. Es erscheint insofern nicht vollkommen gerechtfertigt, jene Stellen speciell auf unsere Erscheinung zu beziehen, wiewohl die Voraussetzung: »Wenn in einem Bilde zwei entgegengesetzte Eindrücke nebeneinander Statt finden«, auf die gewöhnliche Irradiation eben so gut paßt, wie auf die anderen, von Müller angeführten Beispiele des Verschwindens von Gesichtsobjecten.]

Zweiter Abschnitt.

**Angaben der bekanntesten Autoren über die
Irradiation.**

Die erste Aufgabe der Physik ist es, die Gesetze der Natur zu entdecken. Diese Gesetze sind die Grundgesetze der Natur, die die Bewegung der Körper beschreiben. Sie sind die Grundlage für alle anderen Gesetze der Physik. Die zweite Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu erklären. Das bedeutet, dass wir verstehen müssen, warum diese Gesetze gelten. Die dritte Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu anwenden. Das bedeutet, dass wir sie verwenden müssen, um die Natur zu verstehen.

Die erste Aufgabe der Physik ist es, die Gesetze der Natur zu entdecken. Diese Gesetze sind die Grundgesetze der Natur, die die Bewegung der Körper beschreiben. Sie sind die Grundlage für alle anderen Gesetze der Physik. Die zweite Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu erklären. Das bedeutet, dass wir verstehen müssen, warum diese Gesetze gelten. Die dritte Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu anwenden. Das bedeutet, dass wir sie verwenden müssen, um die Natur zu verstehen.

Angaben der bekanntesten Autoren über die

Irradiation.

Die erste Aufgabe der Physik ist es, die Gesetze der Natur zu entdecken. Diese Gesetze sind die Grundgesetze der Natur, die die Bewegung der Körper beschreiben. Sie sind die Grundlage für alle anderen Gesetze der Physik. Die zweite Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu erklären. Das bedeutet, dass wir verstehen müssen, warum diese Gesetze gelten. Die dritte Aufgabe der Physik ist es, diese Gesetze zu anwenden. Das bedeutet, dass wir sie verwenden müssen, um die Natur zu verstehen.

§. 11.

In den folgenden Blättern habe ich die Aussprüche der bekanntesten Autoren über die Irradiation zusammengestellt und an den geeigneten Orten die im vorigen Abschnitt gegebene Ansicht zu vertheidigen gesucht. Die Zusammenstellung macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, indem es weder in meinem Zwecke lag, noch sonst mir möglich gewesen sein würde, die gesammte Literatur des Gegenstandes zusammenzubringen und gleichmäfsig zu benutzen. Ich überging indessen nicht einen einzigen Autor, von welchem mir bekannt wurde, dafs er als Gegner der dynamischen Ansicht aufgetreten sei. — Ganz besonders mufs ich bedauern, die Schriften von Purkinje und Fechner nicht haben benutzen zu können, wiewohl ich von Purkinje nach einer Bemerkung Valentin's annehme und von Fechner aus anderen Gründen vermuthen darf, dafs sie keineswegs Anhänger der Kepler'schen Lehre seien.

Neben den Quellen nahm ich zugleich auch die Angaben der verbreitetsten Lehrbücher auf, damit hervortrete, auf welche Seite die Mehrzahl der Autoritäten sich geschlagen habe. Die einzelnen Aufsätze wurden, soweit thunlich, nach dem Datum der betreffenden Schriften geordnet. — Die gegebene Skizze der Theorien bis zu Plateau ist grosstentheils ein Auszug aus dessen verdienstlicher Zusammenstellung. *) —

*) Ueber die Irradiation. Pogg. Annalen, Ergänzungsband N. 1, 1842.

Cap. I.

Die Irradiation bis zu Plateau.

Aelteste Spuren von Beobachtung und Erklärungsversuchen der Irradiation.

§. 12.

Seine Zusammenstellung des Geschichtlichen der Irradiation beginnt Plateau mit der interessanten Bemerkung, daß schon Epikur die Irradiation gekannt und ihren Einfluss auf die Astronomie geahnt habe. Jener alte Philosoph sprach von dem Gröfsenunterschiede, welchen eine Flamme darzubieten scheine, je nachdem sie Nachts oder bei Tage von ferne betrachtet würde, und wollte dadurch zeigen, daß das Auge bei Schätzung der Gröfse von Himmelskörpern kleine Fehler begehen könne. —

Ueber die ältesten Erklärungsweisen der Irradiation haben wir Nachricht durch Gassendi und einen anderen Zeitgenossen. Die Einen nämlich sagten, die leuchtenden Körper, wie die Gestirne und die künstlichen Lichter, entzündeten die umgebende Luft, so daß das Auge bei hinreichender Entfernung den Gegenstand mit seinem Hofe verwechselte und ihn deshalb für gröfser halte. Andere leiteten die scheinbare Vergröfserung einer von ferne beobachteten Flamme davon ab, daß die umgebende Luft durch feine, fortwährend von der Flamme ausfließende Theilchen stark erleuchtet würde.

Nachdem wir in dieser Weise die Auffassung der Irradiation auf der niedrigsten Stufe gesehen, giebt Kepler in bündigster Weise eine umfassende und, bis auf wenige Punkte wie mir scheint, die richtige Erklärung unseres Gegenstandes.

Kepler.

(Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur.
 Francof., 1604.)

§. 13.

Im 5. Capitel des angeführten Werkes, im Abschnitte »De vitiata visione«, spricht Kepler auch über die Irradiation. Ich gebe die von Kepler angeführten Beispiele bis auf wenige Zeilen, vollständig aber die von ihm aufgestellte Erklärung unseres Phänomens. — Die betreffenden Stellen lauten, von Seite 217 bis 221, etwa folgendermaßen :

(Pag. 217.) »In hohem Grade nimmt unsere Aufmerksamkeit die Erscheinung in Anspruch, daß helle Körper größer erscheinen, als minder leuchtende in deren Umgebung. Denn in der ersten und letzten Mondphase scheint das leuchtende Horn von einem weit größeren Kreise eingeschlossen zu werden, als der übrige Theil des Mondes, wenn dieser durch das Licht der Erde beleuchtet und deutlich sichtbar ist. Dies war auch bei einer Mondfinsterniß im Jahre 1603 der Fall; Mehrere, die den Rand des verdunkelten Theiles zu erkennen vermochten, sprachen dem dunklen Theile einen engeren Kreisbogen zu.« —

(Pag. 218.) »Wer schwache Augen hat und wer überhaupt nicht gut in die Ferne sieht, glaubt statt eines Bildes eine zackige Reihe von zehn Bildern zu sehen; und wenn ein Solcher aus der Ferne Menschen mit weißen Halskrägen sieht, so erkennt er die Gesichtszüge nicht, die sonst hinlänglich deutlich sein würden. — Beim Vollmonde kommt es zuweilen vor, wie wir dies finden in den Beobachtungen Tycho de Brahe's, daß bei fünf bis sechs Menschen, welche den Mond beobachten, je nach eines jeden Gesichtsschärfe, die Schätzung des Durchmessers von 31 bis zu 36 Minuten schwankt.« —

(Pag. 218.) »Bei Sonnenfinsternissen wird auch von Leuten mit sehr scharfem Gesichte lange Zeit nicht bemerkt, daß sie begonnen, bis plötzlich ein größeres Stück zu fehlen scheint. Man hört von Manchen ausrufen, daß die Hörner

nicht spitz auslaufen, sondern dafs sie stumpf, ja wie abgeschnitten seien und ein hufeisenförmiges Bild zeigten. Die Gröfse des Fehlenden erscheint dem Auge stets zu gering, indem das Licht sich nach allen Seiten verbreitet und die Grenzen des Mondrandes zu übergreifen scheint. Sehr augenscheinlich ist auch der Beweis jener Ausbreitung: wenn man den Körper des Mondes dem nahe an's Auge gehaltenen Rande eines dunkelen Lineals anpafst, so erscheint der Rand, wiewohl er von einer geraden und ununterbrochenen Linie begrenzt ist, durch das Hinzukommen des Mondes an jener Stelle geschmälert, indem das Licht des Mondes das Bild des Randes auslöscht.“

(Pag. 218 und folg.) „Alles dies, und was sonst etwa hierher gehört, hat seinen Grund in der Netzhaut, dies aber in verschiedener Beziehung. Erstlich findet Alles, was bei diesen Gesichtstäuschungen Statt hat, seine Erklärung in dem bei XXVI und XXVII Gesagten *). *Entfernte Gegenstände* nämlich, wie die Himmelskörper, vereinigen die von jedem Punkte ausgehenden Strahlen bereits *ehe* diese die Netzhaut erreicht haben, in einem Punkte; und in diesem Punkte einander schneidend, treffen sie auf die Netzhaut, *wiederum auseinandergetreten*; so wird von je einem Punkte des Gegenstandes nicht ein *Punkt* der Netzhaut, sondern eine kleine *Fläche* derselben getroffen: *Weisses und Helles aber beleuchtet kräftig den ihm zu Theil werdenden Raum*. Das Weisse bewirkt darum, dafs Bilder, welche an derselben Stelle minder hell hingemalt werden, da, wo auch dieses seine Grenzen überschritten hat (es bilden aber Zerstreuungskreise sowohl

*) XXVI. Ein nahe an's Auge gehaltener Finger erscheint vergrößert und verwischt.

XXVII. Wenn ein Gegenstand ausserhalb der einem Auge von der Natur vorgeschriebenen Entfernung gebracht wird, bei welcher die Strahlen auf der Netzhaut sich vereinigen, so erscheint jener Gegenstand verwischt.

allzu entfernte Gegenstände, indem die Strahlen bereits vor der Netzhaut sich schneiden, als auch allzu nahe, indem der Strahlenkegel, bevor er in eine Spitze ausläuft, von der Netzhaut geschnitten wird), gänzlich verschwinden und ihre Stelle dem *Weissen überlassen*, und dafs auf diese Weise fast dasselbe im Auge geschieht, wovon ich oben bei der Strahlenbrechung angab, dafs es an der Wand geschehe.“

„Dafs aber das helle Bild nicht einfach vergrößert, sondern gleichsam vervielfältigt wird und aus vielen einzelnen ein größeres zusammengegossen wird, dies scheint entweder eine Wirkung der Falten der Uvea *) zu sein, indem diese zur Nachtzeit, wenn wir den Mond anschauen, sich erweitert und sich in sich und ihre Falten zusammenzieht; oder eine Wirkung des Klaffens der Ciliarfortsätze. Denn durch Zusammenzwinkern der Augenlider und durch Runzeln der Stirne werden die meisten dieser Gesichtstäuschungen aufgehoben, wiewohl nicht gänzlich, weil durch das Verengern der Lider, so lange dieselben auch nur noch wenig offen stehn, doch nicht das ganze Auge bedeckt wird, sondern quer über frei bleibt.“

„Auf diese Weise wird das Netzhautbild fehlerhaft, woran eine fehlerhafte Auffassung nothwendig geknüpft ist. Wenn Alles von gleicher Helligkeit wäre, so würden sich *ineinandergemischte Bilder* zeigen (*visio confusa esset*); so aber, indem das Helle in der Wirkung *überwiegt*, *täuscht dasselbe über seine Gröfse*.“

„Wenn nun wohl auch bei Allen der Strahlenkegel erweitert wird, so besitzen doch nicht Alle ein so feines Sehvermögen, um alle Strahlen wahrzunehmen; Diejenigen aber, die von sämtlichen Strahlen afficirt werden, diese allein neh-

*) Kepler folgt in der Anatomie des Auges der Darstellung Felix Plater's. Dieser versteht unter Uvea die pigmentirten Theile des Auges und vorzugsweise die Choroidea; er hat darum *processus ciliares uveae* und bezeichnet die Iris als *pars uveae a crassa tunica abscedens*.

men das Leuchtende vergrößert wahr. Die aber von außerordentlicher Gesichtsschwäche sind, sehen nicht nur das Helle, sondern auch das Schwarze, wenn dasselbe klein und sehr entfernt ist, doppelt.“

„Es findet sich eine verwandte Untersuchung bei Aristoteles, warum das in das Auge strahlende Licht den Anblick der benachbarten Gegenstände wegnimmt, welcher wiederkehrt, wenn das Licht die Augen nicht mehr trifft. Denn ganz so, wie wir bisher erörtert haben: einige Stellen der Netzhaut werden stark erleuchtet — es erfolgt eine sehr starke Empfindung; an anderen Stellen steht die Bestrahlung, den Sehobjecten entsprechend, mit jener starken in keinem Verhältnisse: die Empfindung ist beinahe Null. Denn wie sich nach der Schärfe des Netzhautbildes die Schärfe der Auffassung richtet, so hängt von einer grossen Lichtstärke des Bildes eine lebhafte Empfindung ab, bei welcher der Sinn stark gereizt wird. Doch bezieht sich dies vielleicht mehr auf eine andere Gesichtstäuschung, von welcher sogleich die Rede sein wird.“

„Jene zweite Beziehung, in welcher durch die Netzhaut das Helle vergrößert wird, scheint ausserhalb der Grenzen der Optik zu liegen. Es ist zwar eine allgemein angenommene Sache bei den Physikern, daß die Sonnenstrahlen durch die weisse Farbe zerstreut, durch Schwarz gesammelt würden. Und dies scheint allerdings auch nicht falsch zu sein, indem ein weisses Papier, in den Focus eines Wassertropfens oder einer Glaskugel gebracht, in weitem Umkreis erleuchtet erscheint, wobei wegen der Helligkeit die Augen blinzeln; während, wenn das Papier schwarz ist, eine kleinere Fläche beleuchtet wird. Wer möchte da nicht glauben, daß die Strahlen durch Weiss zerstreut, durch Schwarz gesammelt würden? vorzüglich auch, da wir finden, daß schwarze Gegenstände, nicht weisse, am Meisten entzündbar sind. Indessen folgt hieraus noch nicht, daß dies im Wesen des Lichtes und des Hellen gelegen sei. Denn es ist unmöglich, daß eine Fläche vermöge ihrer Färbung den Strahl in einer anderen Richtung auf sie eintreffen mache, als diesem den Ge-

setzen der Optik nach vorgeschrieben ist. Dafs die Beleuchtung des Weissen eine gröfsere Ausdehnung zeigt, kann aber, wie sogleich erklärt werden wird, in dem stärkeren Glanze liegen; sodann darin, dafs die weifse Umgebung des Brennpunktes schon von einem gelinden Strahle sehr hell und wegen des Blinzeln der Augen dem stark erleuchteten Theile hinzuaddirt wird. Dafs das Schwarze sich am Leichtesten entzündet, scheint aufser demjenigen, was wir Cap. I bei Th. XXVIII gesagt, seinen Grund darin zu haben, dafs so gefärbte Dinge eine gewisse Dürreheit und Versengung an sich tragen und darum aus verbrennlicherem Stoffe bestehen. Wenn daher das Weisse im Brennpunkte sich gröfser zeigt, so scheint dies ebenso, wie die meisten der schon angeführten Erscheinungen, zu beweisen, nicht dafs der gesammelte Strahl auf dem weissen Gegenstande auseinanderträte, sondern dafs der Eindruck des weissen Gegenstandes und seines Netzhautbildes sich steigere in der *Gesichtsempfindung*. Nach Thesis XXX des ersten Capitels strahlt eine weisse Oberfläche mehr, als eine schwarze. Der Glanz ist darum aufserordentlich; wenn aber die Sonne in Betrachtung steht, so ist dies durch sich selbst klar.“

„Wie wir schon früher erfuhren, dafs die Bilder in der Empfindung haften, was nicht als Folge der optischen Gesetze mittelst der Flüssigkeiten und Häute des Auges bewirkt werden kann; so nun scheint auch hier das Bild des sehr erleuchteten Weissen, oder das Bild der Sonne, in die Empfindung aufgenommen, sich *wegen der Verwandtschaft der Naturen* zu vergrößern, nicht anders, als wie ein rother Tropfen, auf die Oberfläche des Wassers gefallen (Flüssigkeit auf Flüssigkeit), sich ausbreitet; schwarze Bilder aber scheinen in der Empfindung sich zu verkleinern, gleich wie ein Tropfen, der in den Staub fällt: alles dies nach Gesetzen, die nicht, wie die seitherigen Erscheinungen, der Optik *) angehören. Denn wenn man es recht be-

*) Im engeren Sinne des Wortes, nämlich nicht nach den Gesetzen

denkt, so gehören Inhärenz und Dauer des Bildes und jene Vergrößerung ganz in dieselbe Kategorie. Denn gerade von der Dauer scheint die Vergrößerung abhängig zu sein, indem unser Sehen sehr große Helligkeit scheut, doch aber, wenn es solche in sich aufgenommen hat, sie in sich verbreitet und in größerer Ausdehnung sich bei ihrer Auffassung betheiligt.“

„Welche von diesen Ursachen nun auch in jedem einzelnen Falle anzunehmen sei : sicher findet entweder auf der Netzhaut — bedingt durch das Bildchen, oder in der Empfindung — in Folge des Lichteindrucks, jene Vergrößerung des Leuchtenden Statt, deren Grund zu erforschen ich in diesem ganzen Capitel bemüht war.“ —

§. 14.

Wenn Kepler am Schlusse seiner Betrachtung es unentschieden zu lassen scheint, ob die Ursache der Irradiation in Brechungsverhältnissen, oder ob sie in einem dynamischen Vorgange zu suchen sei, so leuchtet doch überall durch, daß er in dem ersten, rein physikalischen Theile seiner Erklärung seine Ueberzeugung, in dem zweiten eine geistreiche und nach den Mitteln seiner Zeit sehr glücklich von ihm befürwortete Hypothese gab.

In dem ersten Theile seiner Erklärung hat Kepler unseren Gegenstand, wie mir scheint, in seinen Grundzügen so vollständig erschöpft, daß, wenn man von jenem zweiten Theile absieht, nichts Wesentliches würde hinzuzufügen noch wegzunehmen sein. Wir finden, daß Kepler, trotz der zu seiner Zeit noch sehr mangelhaften Kenntniss von den Functionen der einzelnen Theile des Auges, wohl aber erkennend, daß jene Gesichtsstörung auf mangelnder Accommodation beruhe, eine Ahnung hatte von den Verhältnissen, unter welchen die Erscheinung ausgeschlossen werden könne. Es dürfte ferner Keplern, wiewohl er hierüber nichts be-

der Brechung. Denn dem Wortsinne nach gehört zur Optik Alles, was das Sehen überhaupt angeht (Anmerkung Kepler's).

richtet und überall nur von schwarzen und weissen Objecten spricht, die Ansicht nichts Fremdartiges gehabt haben, daß bei verschiedenfarbigen, aber an Helligkeit einander gleichen Objecten durch unsehweitige Beschauung farbmischende Irradiation entsteht; denn die *visio non confusa* erfolgt ihm durch den Helligkeitsunterschied der concurrirenden Bilder. — Wenn Kepler dagegen die Ansicht ausspricht, daß nicht alle Augen die Irradiation wahrnehmen, so war dies bei der Wandelbarkeit der Erscheinung und bei Kepler's Augenschwäche, wie auch Plateau bemerkt, ein sehr verzeihlicher Irrthum.

Was die von Kepler angeführten Beispiele anlangt, so fällt es auf, daß aufser dem etwas wunderbar klingenden Falle von den irradiirenden Halskrägen kein einziges terrestriſches Irradiationsobject genannt wird; während doch z. B. bei ins Kreuz gestellten hellen und dunklen Feldern der Wappenschilder der instructive Vierfelderapparat Plateau's (Taf. I, Fig. 2) der Beobachtung täglich geboten war. —

Die Irradiation und viele andere Erscheinungen des Sehens zeigten sich dem Physiker in mehrfacher Beziehung geheimniſsvoll und unnahbar; Kepler fügte darum seiner optischen Erklärung die Reizfortpflanzungshypothese hinzu. Sollte eine gröfsere, als die von dem nach unwandelbaren Gesetzen eintretenden Lichtstrahl getroffene Netzhautstelle in der Lichtempfindung theilhaftig sein, so mußte dies nothwendig „in spiritibus“ liegen, umsomehr, als die auf die Netzhaut aufstossenden Lichtwellen noch unentdeckt waren.

Bei der Ansicht, daß eine von verschiedenen hellen Bildern gemeinschaftlich getroffene Netzhautstelle das Helle in der Perception bevorzuge, lag es nicht ferne, eine Vorliebe der Netzhaut für das Helle überhaupt vorauszusetzen, entspringend aus einer gewissen „Gleichartigkeit der Naturen“, des Organs und seines Reizes. Die umgebende Netzhaut mußte dann den Reiz gleichsam anziehen, wie der Wasserspiegel den darauffallenden Tropfen.

§. 15.

Plateau äußert sich über die dargestellte Lehre Kepler's wie folgt (a. a. O., Seite 83) :

„Diese Theorie scheint, wie man sieht, sehr annehmlich, ist auch seitdem mehr als einmal aufgefrischt worden (*Histoire de l'Academie des sciences de Paris pour 1699*, p. 79; gedruckt 1732. — *Essai sur la vision distincte et confuse*, par *Jurin* §. 53 u. ff., erschienen 1738 am Ende des *Traité d'Optique de Smith*; Uebersetzung von *Pezenas T. 1*). Indefs nimmt man gegenwärtig allgemein an, daß es keine Grenze der Entfernung gebe, jenseits welcher ein normal gebildetes Auge nicht den Brennpunkt von Lichtpinseln auf die Netzhaut bringen könnte. Ueberdies, wie ich weiterhin zeigen werde, offenbart sich die Irradiation ebenso gut selbst in der Entfernung, in welche Jeder einen Gegenstand versetzt, z. B. ein Buch hält, um ihn bei natürlichem Zustand der Augen deutlich zu sehen. — Ich habe nicht nöthig, hier zu bemerken, daß das Phänomen der Irradiation keineswegs gewissen Augen eigen ist, wie Kepler glaubte.“

„Wenn Kepler bei der Irradiation sich irrte, so geschah es, weil er die Eigenschaft eines wohlgebildeten Auges, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände anzubequemen, nicht deutlich kannte; man begreift dies leicht : seine eigenen Augen waren schlecht und ferne Gegenstände schienen ihm vervielfacht.“ —

Von den Werken Derer, die, wie Plateau sagt, die Lehre Kepler's aufzufrischen suchten, wurde mir keines bekannt, und keiner der mir bekannten deutschen Autoren gedenkt unseres Kepler's. Jene ausländischen Schriftsteller scheinen wenig Anklang gefunden zu haben, und ich darf nicht hoffen, glücklicher zu sein. — Was indessen Plateau in Obigem gegen Kepler vorbringt, werde ich bei jenem selbst zu widerlegen suchen. Hier genüge es, in Abrede zu stellen, daß ein so unbegrenzt ausgiebiges Accommodationsvermögen, wie Plateau es annimmt, „allgemein ange-

nommen“ sei *), während ich dem Ausspruche vollkommen beistimme, daß jedes Auge in jeder Entfernung distincte Netzhautbilder hervorzubringen vermöge — das heißt, mit Hilfe der erforderlichen Accommodationsmittel : mit Loupen, Brillen und Fernröhren.

Plateau schließt seine Besprechung mit den Worten, daß Kepler's Erklärung heutigestags nicht mehr zulässig sei. Ich aber glaube, daß auch heute noch, und gerade in Bezug auf die Irradiation, die Worte wahr sind, welche der Titel des citirten Werkes von Kepler trägt :

Habes hoc libro, lector, inter alia multa nova, tractatum luculentum de modo visionis „**contra Opticos et Anatomicos.**“

Galilei **).

§. 16.

Galilei, welcher in seinen Schriften die Irradiation mehrfach berührt und behandelt, giebt zahlreichere und belehrendere Beispiele, als Kepler und stellt vier durchaus richtige Gesetze auf, während die von ihm namhaft gemachten Ursachen der Irradiation zuletzt von ihm selbst bezweifelt wurden (Gal. Syst. cosmicum, 1641).

Nach einer 1619 verfaßten Schrift (*Discorso delle comete di M. Guiducci*) läßt Galilei die Irradiation aus einer Brechung in der Feuchtigkeit entstehen, welche die Augenlider auf dem Vordertheil des Auges zurück-

*) Ich darf mich hier nur auf Volkmann berufen, welcher „Niemanden gefunden hat, der eine unbegrenzte Accommodationskraft für die Entfernung besessen hätte.“ „Kein Mensch kann Objecte deutlich sehen, welche dem Auge über einen gewissen Punkt genähert werden, und ebenso besteht für die meisten Menschen, wenn nicht für alle, ein entferntester Punkt, über welchen hinaus ein vollkommen deutliches Sehen nicht möglich ist.“ (Artikel „Sehen“ in R. Wagner's Handwörterbuch, Band III, Seite 300.)

**) Nach Plateau.

halten, während nach einem anderen Werke (*Il Saggiatore*, erschienen 1623) Reflexion an den feuchten Rändern der Augenlider mit im Spiele ist.

Die von Galilei aufgestellten Irradiationsgesetze sind folgende :

1. Die Irradiation ist desto gröfser, je heller der Gegenstand ist. Galilei führt an, dafs die von der nahen Sonne stärker erleuchteten Mars und Merkur eine beträchtlichere, durch Fernröhre schwerer auszuschliessende Irradiation zeigten, als z. B. Jupiter und Saturn (*Lett. di Gal. al padre Grienberger, 1611*).

2. Die Irradiation ist um so gröfser, als der Grund, auf welchem der Gegenstand erscheint, dunkler ist. Galilei beruft sich auf den Unterschied in den scheinbaren Durchmessern, welche die Gestirne in der Dämmerung und welche sie zur Nachtzeit zeigen.

3. Die Irradiation, die einen hellen Gegenstand auf dunklem Grunde vergröfsert, verringert im Gegentheil die scheinbaren Dimensionen eines auf hellem Felde befindlichen dunklen Gegenstandes. So würde Venus, im Vorübergange vor der Sonne, weit kleiner erscheinen müssen, als wenn sie am dunklen Himmel glänzt, weil die Irradiation in letzterem Falle vergröfsert, in ersterem verkleinert ist.

4. Die Irradiation ist desto gröfser in Bezug auf den Gegenstand und hat desto mehr Einflufs, die wirkliche Gestalt desselben zu verstecken, als dieser Gegenstand kleiner ist. —

Plateau bemerkt, »dafs, wenn auch die Ursachen, welche Galilei der Irradiation beilegt, nicht richtig seien, derselbe doch die Kenntnifs der Gesetze, welche die Irradiation regieren, fast bis zu dem Punkte, wo sie heute sei, gebracht habe.« — Auch das vierte von Galilei aufgestellte und von ihm durch Beobachtungen gestützte Gesetz ist vollkommen richtig. Nach der Continuitätstheorie indessen, welcher Plateau huldigt, sollte man nicht vermuthen, dafs das Netzhautbild eines schmalen weissen Streifens seine Umgebung in

gleich großer Ausdehnung in Mitleidenschaft zu ziehen vermöchte, wie unter sonst gleichen Umständen ein größeres Netzhautbild.

Gassendi *).

§. 17.

Gassendi sucht die Ursache der Irradiation in der im Dunkeln sich erweiternden Pupille. Wenn z. B. eine Flamme, von ferne betrachtet, bei Nacht weit größer erscheint, als bei Tage, so rührt ihm dies daher, daß die Pupille bei Nacht mehr geöffnet ist und deshalb auf der Netzhaut ein größeres Bild entstehen lasse (*Epistolae*, 1636—1642).

Gassendi bemerkt, daß wenn man mit bloßem Auge einen gegen den Mond vorrückenden Stern beobachte, und im Augenblick, wo er sich hinter die leuchtende Scheibe dieses Gestirns zu verstecken scheine, durch ein Fernrohr sehe, man abermals den Stern getrennt vom Mond erblicke und zwischen beiden Sternen einen Raum von einem bis zwei Zoll wahrnehme, so daß die Bedeckung erst einige Minuten hernach eintrete.

Ferner findet sich bei Gassendi folgende interessante Reflexion: »Betroffen von der Schwäche des Lichtes, welches uns die Gesamtheit der auf einmal am Horizonte glänzenden Sterne zusendet, fragt er sich, welche Größe eine einzige, aus der Vereinigung aller dieser Sterne gebildete Scheibe haben werde, wenn man jedem derselben den Durchmesser beilege, unter welchem er sich dem bloßen Auge zeigt, nämlich 3' für die erste Größe, 2',5 für die zweite, u. s. w. Er findet, daß diese Scheibe die der Sonne übertreffen würde. Wenn man nun nachdenke über den ungeheuren Unterschied zwischen dem Licht der Sonne und dem, welches wir in der schönsten Nacht von der Gesamtheit der Sterne empfangen,

*) Nach Plateau.

so werde man nothwendig zu der Folgerung geführt, daß die wahren Winkeldurchmesser der Sterne äußerst klein gegen die scheinbaren sein müssen.“

Schickard *).

§. 18.

Gassendi hatte 1631 den Vorübergang des Merkur vor der Sonne beobachtet, indem er das von dem Objectiv eines Fernrohrs geformte Bild beider Gestirne mit einer Tafel auffing, wobei ihn die außerordentliche Kleinheit des Planeten höchlich in Erstaunen setzte. Schickard sandte ihm über diesen Gegenstand eine Dissertation, in welcher er behauptete, daß Merkur zu klein erscheinen mußte. Unter mehreren von ihm angegebenen Ursachen dieser Verkleinerung ist folgende die hauptsächlichste. Nach Schickard hat das Licht die Eigenschaft, sich nach allen Seiten hin zu verbreiten und auszudehnen, und daher müssen alle von ihm berührten dunklen Körper nothwendig etwas beschnitten erscheinen. Zur Stütze dieser Meinung führt er einen — nach Plateau — recht sonderbaren Versuch an, darin bestehend, daß man einen quer vor einer Kerzenflamme gehaltenen Stock von ferne betrachtet; der Stock scheint dann von unten und oben stark von der Flamme ausgeschnitten zu sein **). —

§. 19.

Im Jahre 1639 beobachtete Horrockes den Vorübergang der Venus vor der Sonne nach Gassendi's Verfahren.

*) Nach Plateau.

**) Wie Plateau bemerkt, enthält diese Ansicht Schickard's die erste Vermuthung von einer Abänderung, die dem Licht von Körpern, die es streift, eingeprägt werde. In einer Note fügt Plateau hinzu, daß im Jahre 1743 Le Gentil in der Pariser Academie einen Aufsatz verlesen, in welchem er durch eine Reihe von Versuchen zu beweisen strebte, daß die Verkleinerung der auf hellem Grund gesehenen dunklen Körper von einer Diffraction des ihre Ränder streifenden Lichtes entstehe.

und antwortete auf die Gründe Schickard's. Horrockes setzte die Irradiation, wie Plateau sagt, wieder in ihre Rechte ein und erklärte sie auf Galilei's Weise. »Er bemerkt, daß dunkle Körper, wie der Stock in Schickard's Versuch, nur beschnitten erscheinen, wenn man sie mit bloßem Auge betrachte; daß aber, wenn man den Schatten auf einer Wand beobachte, dieser nicht schmaler, als der Stock selbst, erscheine, abgerechnet die nach einem geometrischen Gesetz erfolgende Verkleinerung, welche von der Gröfse der Flamme herrühren kann«. —

Der Schatten an der Wand, freilich, mußte sich, wie eine Silhouette, nach dem Gegenstande richten; was aber an der Wand nicht geschieht, findet in unserem Auge Statt, unter Vermittelung der nicht accommodirenden Linse. Mag nun auch Schickard die Ursache der Irradiation in Eigenschaften des Lichtes und nicht des Auges suchen: der von ihm gewählte Ausdruck »opaca amputantur« schildert getreu die dem Sinne sich bietende Erscheinung. — Wie weit Schickard die bei Gassendi's Beobachtung in Betracht kommenden Verhältnisse vollständig gewürdigt, ist eine andere Frage.

Descartes.

§. 20.

In seiner Dioptrik, die 1637 erschien, giebt Descartes folgende Theorie der Irradiation:

»Die Ursache, warum diese weissen und leuchtenden Hörner gröfser erscheinen, liegt nicht allein darin, daß die Vorstellung, welche man von ihrer Gröfse sich bildet, von derjenigen abhängt, die man von ihrer Entfernung hegt, sondern auch darin, daß ihre Bilder sich als gröfser in den Grund des Auges einprägen. Es kommt hier nämlich in Betracht, daß die Enden der Fäden des Sehnervs, welche jenen auskleiden, wiewohl sie sehr fein sind, immerhin eine gewisse Breite besitzen, so daß sie

an einer Stelle von einem Objecte getroffen sein können, an anderen durch andere. Da nun ein Nervenfaden immer nur in Einem Sinne erregt werden kann; wenn er theilweise durch ein sehr glänzendes Object, theilweise durch andere berührt wird, welche es weniger sind, so folgt derselbe ganz dem Eindrücke desjenigen, welches das glänzendste ist und giebt dessen Bild, ohne das der anderen zu zeigen. Wenn nun 1, 2, 3 (Fig. 33, Taf. V) die Enden der Nervenfäden sind, und die Strahlen, welche z. B. das Bild eines Sternes auf dem Grunde des Auges entwerfen, auf das mit 1 bezeichnete treffen und ringsum nur wenig auch auf die sechs anderen, durch 2 bezeichneten, von welchen ich annehme, daß sie keine anderen, als nur schwache Strahlen von dem den Stern umgebenden Theile des Himmels erhalten, so verbreitet sich das Bild des Sternes über den ganzen Raum, welchen jene sechs durch 2 bezeichnete Stellen einnehmen und vielleicht selbst noch über die zwölf durch 3 bezeichneten — wenn die Kraft des Eindrucks (mouvement) »so groß ist, daß er auch ihnen sich mittheilt. Und so seht ihr, daß die Sterne, wiewohl sie uns sehr klein erscheinen, uns dennoch weit größer scheinen, als sie es sollten, ihrer großen Entfernung nach.«

§. 21.

Plateau findet in Descartes den Ersten, welcher die Irradiation durch eine Ausbreitung des Eindrucks auf der Netzhaut erklärt habe (a. a. O., Seite 93). Denn wenn auch schon Kepler im Jahre 1611 die Idee von einer Fortpflanzung der Eindrücke ausgesprochen, so habe er dieselbe doch nicht auf die scheinbare Vergrößerung der mit bloßem Auge beobachteten hellen Gegenstände ausgedehnt *). Wir

*) In einer Note zu S. 94 sagt Plateau in dieser Beziehung: »Indem er (Kepler) zu zeigen sucht, warum die durch ein Fernrohr gesehenen Gegenstände deutlicher erscheinen, wenn man die Oeffnung des Objectivs

erinnern uns indessen der Worte Kepler's, „das Auge sauge das Helle auf, die Empfindung des Hellen werde — durch eine gewisse Verwandtschaft der Netzhaut zu dem Hellen — auf dieser verbreitet, wie von dem Wasserspiegel der darauffallende Tropfen“ — und finden darin, daß Kepler die Continuitätstheorie bereits ausgesprochen, ohne sie indessen für sich in Anspruch zu nehmen und ohne sich, wie Descartes that, auf die anatomischen Elemente der Netzhaut zu beziehen.

Wilhelm Herschel *).

§. 22.

Wie so viele Physiker und Astronomen, finden wir auch Herschel auf Seiten der dynamischen Ansicht. Bemüht, ein neues Verfahren zur mikrometrischen Messung der Gestirne von sehr kleinem Winkeldurchmesser zu finden, verglich Herschel das durch das rechte Auge mittelst eines Newton'schen Teleskops von bekannter Vergrößerung gesehene Bild des Planeten mit dem scheinbar gleich großen Bilde einer durch das linke Auge gleichzeitig gesehenen leuchtenden Scheibe von bestimmter Gröfse und Entfernung. Herschel fand hierbei, daß verschieden große Scheiben bei verschieden starker Beleuchtung gleich große Bilder lieferten und schrieb dies dem lebhaften Eindrücke zu, welchen das Licht jener Scheiben auf das Auge ausübe.

verringert, drückt er sich also aus : Quae per magnam portionem convexitatis in oculum radiant illa fortius radiant, qua fortitudine primum iridis colores, inde nebulae excitantur. Oculi enim cava et retiformis tunica est spiritu plena, et licet a puncto solum tangatur, tamen si id punctum ex concursu radiorum multorum sit immoderate lucidum, spiritus in aliqua latitudine retiformis circa hoc punctum imbuuntur contagione passionis penetranti (Dioptrice, §. CXXII, p. 64).“

*) Nach Plateau.

Goethe.

§. 23.

In seiner Farbenlehre (erschienen 1810) kommt Goethe mehrmals auf Irradiationserscheinungen zu sprechen. Und zwar finden wir in der Abtheilung über die physiologischen Farben zunächst die folgenden Stellen :

„(§. 15.) Wie sich die Netzhaut gegen Hell und Dunkel überhaupt verhält, so verhält sie sich auch gegen dunkle und helle einzelne Gegenstände. Wenn Licht und Finsterniß ihr im Ganzen verschiedene Stimmungen geben, so werden schwarze und weiße Bilder, die zu gleicher Zeit in's Auge fallen, diejenigen Zustände neben einander bewirken, welche durch Licht und Finsterniß in einer Folge hervorgebracht wurden.“

„(§. 16.) Ein dunkler Gegenstand erscheint kleiner, als ein heller von derselben Gröfse. Man sehe zugleich eine weiße Rundung auf schwarzem, eine schwarze auf weißem Grunde, welche nach einerlei Zirkelschlag ausgeschnitten sind, in einiger Entfernung an, und wir werden die letztere etwa um ein Fünftel kleiner, als die erste halten.“

„(§. 17.) So bemerkte Tycho de Brahe, daß der Mond in der Conjunction um den fünften Theil kleiner erscheine, als in der Opposition.“ — „Schwarze Kleider machen die Personen viel schmaler aussehen, als helle. Hinter einem Rand gesehene Lichter machen in den Rand einen scheinbaren Einschnitt. Ein Lineal, hinter welchem ein Kerzenlicht hervorblickt, hat für uns eine Scharte. Die auf- und untergehende Sonne scheint einen Einschnitt in den Horizont zu machen.“

„(§. 18.) Das Schwarze, als Repräsentant der Finsterniß, läßt das Organ im Zustande der Ruhe; das Weiße, als Stellvertreter des Lichtes, versetzt es in Thätigkeit. Man schlofse vielleicht aus gedachtem Phänomen (16), daß die ruhige Netzhaut, wenn sie sich selbst überlassen ist, in sich

selbst zusammengezogen sei und einen kleineren Raum einnehme, als in dem Zustande der Thätigkeit, in den sie durch den Reiz des Lichtes versetzt wird.“

§. 24.

Goethe hat über Irradiation keine speciellen Versuche angestellt. Während er hier im Ganzen seinen Vorgängern folgt, steht seine Auffassung mehrfach mit denjenigen Principien in Zusammenhang, von welchen er bei seinen optischen Versuchen überhaupt sich leiten liefs. —

Wie es scheint mit einem Seitenblicke auf den »Dichter« berichtet uns Plateau: »der berühmte Goethe habe zur Erklärung der Irradiation eine eigenthümliche, auf einer blofsen Vermuthung beruhende Hypothese« aufgestellt; und ohne dieser »Hypothese eines Dichters, der einen Streifzug auf dem Felde der Physik macht«, weiterer Erwähnung zu thun, verweist Plateau den Leser, der sie kennen zu lernen wünscht, auf die §§. 5 bis 18 der Farbenlehre. — Wo Goethe, dem es um die Farbenlehre Ernst war und dessen Verdienste wohl gröfser sind, als Viele glauben, geirrt hat, irrte er doch nicht darum, weil er ein Dichter war. Mag wer da will beim Dichter Schwärmerei und Geträume suchen: die Wahrheit hat keine treuere Pflegerin und Bewahrerin, als die Dichtung; kein Dichter, ohne den ungetrübtesten Blick in Leben und Wirklichkeit. Und wer hat in Leben, Dichtung und Wissenschaft überall mehr Mäfsigung und Wahrheit gefordert und bewahrt, als gerade Goethe? — Plateau scheint dem Streifzuge des Dichters nicht weiter gefolgt zu sein; §. 98 würde ihm bewiesen haben, dafs Goethe, trotz der in §. 18 enthaltenen, allerdings höchst eigenthümlichen Hypothese (von welcher Goethe indessen nirgends sagt, dafs er auch nur im Entferntesten derselben beistimme), ganz unverfängliche Ansichten hegte, und zwar gerade diejenigen, die Plateau selbst mit so vielem Fleisse zu stützen sucht. Bei Betrachtung der subjectiven Höfe spricht sich Goethe nämlich folgendermassen aus:

» (§. 90.) Wir haben oben den Eindruck des leuchtenden Bildes auf die Retina gesehen und wie es sich auf derselben vergrößert; aber damit ist die Wirkung noch nicht vollendet. Es wirkt nicht allein als Bild, sondern auch als Energie über sich hinaus; es verbreitet sich vom Mittelpunkt aus nach der Peripherie.«

» (§. 98.) Die subjectiven Höfe können wir uns als den Conflict des Lichtes mit einem lebendigen Raume denken. Aus dem Conflict des Bewegenden mit dem Bewegten entsteht eine undulirende Bewegung. Man kann das Gleichniß von den Ringen im Wasser hernehmen. Der hineingeworfene Stein treibt das Wasser nach allen Seiten; die Wirkung erreicht eine höchste Stufe, sie klingt ab und gelangt, im Gegensatz, zur Tiefe. Erinnert man sich der concentrischen Ringe, die in einem mit Wasser gefüllten Trinkglase entstehen, wenn man versucht, einen Ton durch Reiben des Randes hervorzubringen; gedenkt man der intermittirenden Schwingungen beim Abklingen der Glocken; so nähert man sich wohl in der Vorstellung Demjenigen, was auf der Retina vorgehen mag, wenn sie von einem leuchtenden Gegenstande getroffen wird, nur dafs sie, als lebendig, schon eine gewisse kreisartige Disposition in ihrer Organisation hat.

§. 25.

Es sei hier noch einer anderen Ansicht Goethe's gedacht, welche ein Ineinandergreifen der Netzhautbilder voraussetzt, von Goethe aber, soweit ich weifs, nirgends in Beziehung zur Irradiation gezogen wurde. Es ist die bekannte Ansicht von den prismatischen Farben, welche Goethe durch gegenseitiges Ineinandertreten von hellen und dunklen Feldern an den Verschiebungsgrenzen sich bilden läfst. —

Joslin *).

§. 26.

Eine von den seitherigen Erklärungsweisen ganz abweichende Theorie hat im Jahre 1831 Herr Joslin aufgestellt. Diese Theorie sowie die ganze Darstellungsweise dieses amerikanischen Gelehrten scheint in mehrfacher Beziehung zu verdienen, so vollständig als möglich mitgetheilt zu werden; ich lasse darum Plateau reden, indem ich die betreffenden Paragraphen seiner Abhandlung unverändert einfüge:

„(25.) Ich habe jetzt nur noch einer Theorie zu erwähnen, die man zur Erklärung der Ocular-Irradiation aufgestellt hat. Ihr Urheber ist Herr Joslin, Professor zu New-York. „Jedermann“, sagt er, „wird das strahlende Ansehen der Sterne und der Flamme einer entfernten Lampe oder Kerze beobachtet haben. Als ich diese Gegenstände aufmerksam untersuchte, bemerkte ich, daß drei dieser Strahlen weit ansehnlicher waren als die übrigen, daß sie gleichen Abstand hatten und daß einer von ihnen senkrecht von unten in die Höhe gerichtet war.“ „Aus diesen Beobachtungen und einigen besonderen Versuchen leitet Hr. Joslin folgendes Gesetz ab: Es giebt für jedes Individuum bestimmte Richtungen von Irradiations-Maximis; bei einer Person von gewöhnlichem Gesicht sind diese Richtungen, drei an der Zahl, von gleichem Winkelabstand, und folglich von 120 Graden oder einem Drittel des Kreisumfangs. Bei gerader Stellung des Kopfes steigt die eine in der senkrechten Gesichtsebene, die durch den Mittelpunkt des hellen Gegenstandes geht, geradezu in die Höhe, und die beiden andern steigen in Gesichtsebenen, die mit der ersteren und unter sich respective Winkel von 120 Grad machen, schief herab. Die Abnahmen der Vergrößerung in den übrigen Richtungen sind beinahe symmetrisch und gleich in Bezug auf diese drei Richtungen und die

*) Nach Plateau.

scheinbare Gestalt des Gegenstandes nähert sich mehr und mehr der eines gleichseitigen Dreiecks, je nach Helligkeit, Entfernung und Gröfse des Gegenstandes.“

Der Hauptversuch des Herrn Joslin besteht darin, dafs man vor der Flamme einer Kerze eine Metallplatte mit mehreren kreisrunden Oeffnungen von verschiedener Gröfse aufstellt, diese nach Belieben eine nach der anderen genau vor die Flamme bringt und darauf den so entstandenen, kreisrunden hellen Gegenstand aus einer gewissen Entfernung betrachtet. Die Platte wird überdies mittelst einer zweiten Kerze von vorne beleuchtet, um die Netzhaut für die kleinen, unregelmässigen Radiationen unempfindlich zu machen. „Aus einer Entfernung von fünf bis fünfzehn Fufs erschien der in Wahrheit kreisrunde Gegenstand als ein gleichseitiges Dreieck, dessen Umrisse sehr gut begrenzt waren. . . . Ein Anwuchs in der Gröfse des Gegenstandes vergröfserte die Entfernung, welche zum deutlichen Erscheinen des Dreiecks nothwendig war. Mit einem Gegenstande von $\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmesser erscheint es am deutlichsten bei 6 bis 8 Fufs Entfernung; mit einem Gegenstande von $\frac{1}{4}$ Zoll bei 12 bis 15 Fufs.“

„Der Verfasser stellt auch einen kreisrunden dunklen Gegenstand vor der Flamme auf, so dafs sie unten und oben über ihn vorragte, und er beobachtete Erscheinungen, die mit dem vorhin genannten allgemeinen Gesetz übereinstimmten. Alle Erscheinungen folgten überdies den Veränderungen in der Lage des Kopfs des Beobachters.“

„Nachdem ich die meisten der vorstehenden Versuche gemacht hatte (sagt Herr Joslin), überraschte mich zuvörderst die Coincidenz dieser Ausbreitung heller Gegenstände nach drei gleichabständigen Richtungen mit den drei gleichabständigen Faserbündeln und den drei ebenfalls gleichabständigen gestrahlten Linien, die man, wie Dr. Thomas Young in seinen Observations on Vision gezeigt hat, auf der Vorderfläche der Krystalllinse des Ochsen bemerkt.“ „Herr Joslin führt hier die von Young über die Structur der Krystalllinse des Ochsen gegebenen Details an, und fährt

dann fort : „Young setzt hinzu : Ich habe noch nicht Gelegenheit gehabt, die Krystalllinse des Menschen zu untersuchen; allein aus der Leichtigkeit, mit der sie sich in drei Theile zerfällen läßt, können wir schliessen, dafs sie der des Ochsen ähnlich sei. — Es schien mir, als hätte ich den Faden, der mich zur Ursache der Erscheinung führen müfste, gefunden in einer Structur, die darauf berechnet schien, eine symmetrische Wirkung in Bezug auf drei gleichabständige Strahlen der Krystalllinse zu erzeugen, einer Structur, die in keinem andern Theile des Gesichtorgans etwas Analoges zu haben schien.“

„Mithin ist, nach Herrn Joslin, die Irradiation kein Phänomen der Empfindung, sondern ein Effect der Refraction, herrührend von einer Wirkung, welche die Krystalllinse auf die durch sie gehenden Lichtstrahlen ausübt. Der Verfasser setzt aber nicht näher auseinander, wie er sich diese Wirkung denkt, allein er kündigt eine neue Arbeit an, in welcher er die Versuche beibringen will, die ihn zu neuen Principien, wie die folgenden, geführt haben: „Die Irradiation wird unmittelbar und hauptsächlich von der Krystalllinse erzeugt, aber von der Iris abgeändert. Die Theile in der Mitte und an den Seiten der Krystalllinse tragen in verschiedenem Grade zur Hervorbringung der Irradiation bei, da der Effect wächst mit der absoluten Entfernung des einfallenden Strahls von der Axe der Krystalllinse und folglich, mit der Gröfse der Pupille, u. s. w.“

„(26.) Ich habe den Hauptversuch des Herrn Joslin zu wiederholen versucht, aber nichts von einem Dreieck erblickt, in welche Entfernung ich mich auch begeben mochte. Herr Joslin sagt, er habe seine Versuche von anderen Personen wiederholen lassen und diese hätten die von ihm angegebenen Thatsachen fast in allen Fällen bestätigt gefunden. Meinerseits habe ich dieselbe Probe mit sieben Personen, die ein gutes Auge hatten, vorgenommen, aber keine nahm ein Dreieck wahr*). Dafs ein kleiner, heller, kreisrunder Gegen-

*) Ich füge zum Ueberflufs bei, dafs kleine, in Bleiplättchen ausge-

stand, aus einer gewissen Entfernung gesehen, die Gestalt eines wohlbegrenzten Dreiecks annähme, würde übrigens eine so merkwürdige Thatsache sein, daß man nicht begreift, wie sie all den übrigen Beobachtern, die sich mit der Irradiation beschäftigt, hätte entgehen können*). Eine Theorie, die auf Thatsachen beruht, welche sich weder für mich, noch für andere Personen verwirklicht haben, eine Theorie, die vom Urheber nicht entwickelt worden, und überdies mit den Hauptgesetzen des uns beschäftigenden Phänomens schwer zu vereinbaren sein möchte, kann ich daher nicht annehmen.“

„27. Uebrigens bin ich nicht abgeneigt, mit Herrn Joslin zu glauben, daß es für jedes Individuum Richtungen gebe, nach welchen die Irradiation sich besonders entfalte, allein es ist mir unmöglich, anzunehmen, daß diese Wirkung irgend etwas Regelmäßiges und Gleichförmiges habe. Die Personen, welche für mich Herrn Joslin's Versuch wiederholten, sahen fast alle die kleine, leuchtende Scheibe mehr oder weniger entstaltet, allein einigen schien sie bloß in Einer Richtung verlängert, anderen in einer andern; Eine von ihnen erblickte sie nahe in der Gestalt eines Quadrats, und wahrscheinlich wird es auch Augen geben, die eine mehr oder weniger dreiseitige Figur gesehen haben würden. Ich selbst habe im Jahre 1834 Thatsachen kennen gelehrt**), die anzudeuten scheinen, daß es beim Sehen überhaupt etwas Unsymmetrisches um die optische Axe giebt; allein diese Dinge, die

schnittene gleichseitige Dreiecke bei Irradiation durch zu große Nähe jene ihnen in Wirklichkeit zukommende Form sogar in so hohem Grade aufgeben, daß sie rein kreisrund erscheinen (vgl. oben, Seite 37). Die Ränder sind ziemlich scharf contourirt; bei hinlänglich naher Haltung erkennt man auch nicht die geringste Unregelmäßigkeit, und von den den Ecken entsprechenden Stellen keine Spur; wovon sich Jeder leicht überzeugen kann. Dasselbe ist bei kleinen Quadraten und anderen Formen der Fall.

*) Es hat gewiß noch Niemand einen dreieckigen Vollmond gesehen; wohl aber erscheint dem Kurzsichtigen der Mond oft vollkommen rund, während ein Glas ihn die Stelle und Größe des Fehlenden genau erkennen läßt.

**) „Bullet. de l'acad. de Bruxelles. T. I, p. 195.“

auch nach den Individuen verschieden sind, deuten keineswegs auf die drei gleichabständigen Richtungen, von denen Herr Joslin spricht.“

Zweifel über die Existenz der Irradiation: Irradiation der Astronomen *).

§. 27.

Die bei bloßem Auge stattfindende Irradiation ist, wie Plateau dargethan, eine der am Besten festgestellten Gesichterscheinungen. Wiewohl bei verschiedenen Individuen verschieden, fand Plateau doch Niemanden, der sie nicht mehr oder weniger deutlich wahrgenommen hätte. Aber die Astronomen kamen, während ihre Instrumente sich verbesserten, mehrfach zu Resultaten, welche sie die Existenz der Irradiation bezweifeln ließen. Indem ich hier einfach die Meinung voraus schicke, daß bei dem Gebrauche eines optischen Instrumentes Irradiation allerdings nicht stattfinden solle, gebe ich, der Darstellung Plateau's folgend, einige Notizen über die Entstehung und Verbreitung des genannten, bis in die neueren Zeiten sich hinziehenden Zweifels, dessen vollständige Beseitigung wohl hauptsächlich den Untersuchungen Plateau's zu danken ist.

Zunächst setzt uns Plateau auseinander wie die Astronomen die Aberrationen der Instrumente mit der Irradiation verwechselt haben, worin die sonderbaren Zweifel über das Bestehen unserer Erscheinung ihren ersten Ursprung fanden.

„De l'Isle hatte 1718 beobachtet, daß der Durchmesser der Sonne desto kleiner gefunden werde, als man ihn mit längeren Fernröhren messe, und hatte keinen Anstand genommen, diese Unterschiede von der Brechbarkeits-Aberration herzuleiten. In der That war klar, daß diese Aberration eine Lichtkrone rings um das Bild des Gestirns erzeugen mußte, deren Breite sich dem Halbmesser dieses Bildes hin-

*) Nach Plateau.

zufügte, und der daraus entspringende Fehler mußte nothwendig desto kleiner sein, als die Brennweite des Objectivs beträchtlicher war. — So war eine den Fernröhren inwohnende Ursache entdeckt, die zwar von der Ocularirradiation *) ganz verschieden, aber, wie sie, die hellen Gegenstände auf dunklem Grunde vergrößern, und die dunklen Gegenstände auf hellem Grunde verkleinern mußte.“

„Nun fand Le Monnier, als er bei der ringförmigen Sonnenfinsterniß von 1748, die er in Schottland beobachtete, den Winkeldurchmesser des auf die Sonne projecirten dunklen Mondes mehrmals mit Sorgfalt maß, diesen nahe dem des leuchtenden Mondes gleich, welcher sich für denselben Augenblick aus Halley's Tafeln ergab. Von nun an entspann sich unter den Astronomen ein noch jetzt nicht ganz geschlichteter Streit über die Frage, ob die Winkeldurchmesser der auf dunklem (oder hellem) Grunde gesehenen hellen (oder dunklen) Körper geändert erscheinen, oder nicht. Bei diesem Streit hatte man die Ocularirradiation gleichsam aus dem Auge verloren und verwechselte sie oft mit der Aberration der Fernröhre. Diese Verwirrung der Ideen führte eine in den Benennungen herbei, und das Wort Irradiation hörte auf, eine alleinige Bezeichnung der Gesichterscheinung zu sein.“

Unter den neueren Zweiflern nennt Plateau den Astronomen Biot, welcher im Jahre 1811 folgendermaßen sich ausdrückt :

„Wenn, wie man bis jetzt geglaubt hat, um helle Gegenstände eine Irradiation entsteht, die deren Bild etwas vergrößert, so muß diese Ursache auch den scheinbaren Durchmesser des Mondes vergrößern, wenn wir dieses Gestirn auf dunklem Himmelsgrund beobachten.“

Noch zweifelhafter, als Biot, drückt sich Delambre aus (1814) :

*) Durch „Ocular-Irradiation“ bezeichnet Plateau die mit bloßem Auge beobachtete Irradiation, zum Unterschiede von den combinirten, schlechthin Irradiation genannten Erscheinungen.

»Man hat vorausgesetzt, daß die Durchmesser leuchtender Gegenstände, vermöge des lebhaften Eindrucks ihres Lichts auf das Gesichtsorgan, vergrößert werden.«

An einer andern Stelle :

»L'irradiation, si elle existe«

»Man hat geglaubt zu beobachten« (sagt der Baron von Zach), »daß um stark strahlende Körper eine Irradiation oder eine Ergießung des Lichts stattfinde, welche die wirklichen Scheiben derselben um etwas vergrößere.«

§. 28.

Im Gegensatze zu diesen Zweiflern äußerte sich im Jahre 1829 Herr Robinson über Beobachtungen, welche ihm bewiesen, daß auch die neueren Fernröhre eine Irradiation darböten und fügt hinzu :

»Selbst wenn ein Fernrohr absolut vollkommen wäre, giebt es Gründe zu glauben, daß das Auge, welches sich dessen bedient, eine Art Irradiation erzeugen muß, weil die Theile der Netzhaut, in der Nähe derjenigen, die das Licht empfangen, eine sympathische Einwirkung erleiden.«

Robinson ist weiter der Ansicht, daß der vom Auge abhängende Theil der Irradiation mit der Lichtmenge wachsen und folglich mit der Oeffnung des Instrumentes und der Durchsichtigkeit der Atmosphäre abnehmen müsse.

Eine größere Zahl sehr verdienstlicher Versuche über die Irradiation mit Fernröhren beobachteter erleuchteter Scheiben, über welche Robinson 1831 berichtete, bestärkte ihn in seiner vorher ausgesprochenen Ansicht, und es ist unleugbar, daß das Festhalten an der Existenz der Irradiation durch Robinson's Versuche eine wesentliche Stütze fand. —

Nach Plateau wird die beim Gebrauche von Fernröhren sich zeigende Irradiation verschieden sein nach Verhältnissen des Auges und des Instrumentes. Zunächst würde eine stärkere Vergrößerung den Winkelhalbmesser des Bildes vergrößern, ohne die Winkelbreite der Irradiationszone zu vergrößern. Sodann würde durch die Schwächung des

Lichtes eine Verminderung der Irradiation bewirkt. Außerdem macht Plateau noch die Anwendung der Mikrometer mit doppeltem Bilde als von irradiationausschließendem Einflusse namhaft, wobei er sich auf die von ihm vertheidigte Ansicht bezieht, daß zwei nahe benachbarte Irradiationen einander beeinträchtigten (Lehrsatz VIII) *). Als diejenigen Umstände, unter welchen die aus der Irradiation entspringenden Fehler ganz unmerklich werden könnten, nennt Plateau demnach : starke Vergrößerung, die dem Bilde keine zu große Helligkeit läßt, und geringe Neigung des Auges zur Irradiation.

Plateau's Ansichten über die beim Gebrauche von Fernröhren sich zeigende Irradiation sind größtentheils, wie begreiflich, Consequenzen seiner erst in dem folgenden Capitel zu besprechenden Auffassung der Ocularirradiation. Indem nun meine Darstellung auf die Irradiation der Astronomen nicht weiter zurückkommt, sei mir die Anticipation gestattet, wenn ich die betreffenden, von Plateau als Resultate seiner Arbeit zusammengestellten Sätze hier folgen lasse.

»Irradiation bei astronomischen Instrumenten.

15 **). Der Fehler bei astronomischen Beobachtungen, erzeugt durch das, was man hier Irradiation genannt hat, entspringt aus zwei wesentlich verschiedenen Ursachen : der Ocularirradiation und den Abirrungen des Fernrohrs.

16. Bei diesem Gesamtfehler ist der von der Ocularirradiation herrührende Theil abhängig von der Vergrößerung an sich, von der Helligkeit des Gegenstandes und von dem Auge des Beobachters. Er wird übrigens bedeutend verringert durch die Wirkung, welche das Ocular des Fernrohrs als eine vor das Auge gebrachte Sammellinse ausübt; und diese Verringerung ist wahrscheinlich desto größer, je kräf-

*) Gewisse Resultate Arago's und eine Beobachtung Robinson's (a. O., Seite 104) erklärt Plateau als Consequenzen seines VIII. Lehrsatzes.

**) Die 14 vorhergehenden, die Ocularirradiation betreffenden Sätze siehe unten, am Schlusse des II. Capitels.

tiger das Ocular ist. In dem, was das Auge des Beobachters betrifft, muß die Wirkung verschieden sein von einer Person zur andern, und für eine und dieselbe Person von einer Zeit zur andern.

17. Dieser nämliche Theil des Gesamtfehlers verschwindet bei den Beobachtungen, wo man ein Mikrometer mit doppeltem Bilde anwendet.

18. Der andere Theil des Gesamtfehlers, d. h. der aus der Abirrung des Fernrohrs entspringende Theil, ist nothwendig verschieden in verschiedenen Instrumenten; allein für ein und dasselbe Fernrohr kann er als nahe constant betrachtet werden.

19. Der Irradiations-Effect bei Fernröhren oder der Gesamtfehler, herrührend von der Ocularirradiation und den Abirrungen des Instrumentes, ist nothwendig veränderlich, weil er von veränderlichen Elementen abhängt. Er wird in gewissen Fällen unmerklich und in andern sehr beträchtlich werden können.

20. Selbst mit einem mittelmäßigen Fernrohr und einem sehr zur Irradiation geneigten Auge ist es möglich, mit Hülfe gewisser Verfahrensarten, Resultate zu erhalten, die man als frei von diesem Gesamtfehler betrachten kann.“

Cap. II.

Plateau's Darstellung der Irradiation.

§. 29.

Unsere Betrachtung nahet nun dem wichtigsten Autor des Gegenstandes.

Durch Plateau's stattliche, mit zahlreichen Berechnungen ausgerüstete Arbeit hat — nicht die physikalische Ansicht einen Stofs, indem sie schon vorher so ziemlich auf die Seite geschoben war — sondern die dynamische Ansicht ihre wesentlichste Stütze erhalten. Es mußte mir darum vorzugsweise in diesem Capitel um möglichste Vertheidigung der in dem ersten Abschnitte gegebenen Theorie gelten. Wenn ich aber nach innigster Ueberzeugung nicht anders sagen kann, als dafs ich die Theorie Plateau's für einen einzigen, mit einem grofsen Aufwande von Geist, Fleifs und Gelehrsamkeit vertheidigten Irrthum halte, so glaube ich doch nirgends die Achtung aufser Augen gesetzt zu haben, von welcher ich, Fähigkeiten und Verdiensten, wie denen Plateau's gegenüber, auf das Lebhafteste erfüllt bin.

Es war mir nach Mafsgabe der mir zu Gebote stehenden Zeit und sonstigen Mitteln unmöglich, die ausgedehnten Versuche Plateau's vollständig zu wiederholen; indessen kann in den bei Weitem meisten Fällen auch nicht der mindeste Zweifel über die Richtigkeit jener Beobachtungen gehegt werden. Es ist in der Regel nur die verschiedene Deutung das Object der Differenzen, und in mehreren Fällen glaube ich, Beobachtungen Plateau's mit Vorthail zu benutzen. —

Der Text, welcher der nachstehenden Bearbeitung zu Grunde liegt, findet sich in Poggendorff's Annalen,

Ergänzungsband I (1842), Seite 79, 193 und 405, unter der Aufschrift :

»**Ueber die Irradiation;** von **J. Plateau.** (*Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus Tome XI. der Mém. de l'acad. royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles.*)«

Am Schlusse seiner Abhandlung hat Plateau sämtliche von ihm aufgestellten Irradiationsgesetze und die daraus abgeleiteten Folgerungen zusammengestellt; es schien mir für die Vertheidigung meiner Ansicht die übersichtlichste Anordnung, wenn ich jene Sätze als Ueberschriften der einzelnen Theile des vorliegenden Capitels wählte und mich von da aus auf die Ausführungen des Plateau'schen Textes bezog.

Besondere Schwierigkeiten hat mir der VIII. Lehrsatz bereitet. Von Anfang an voll Zweifel über seine Richtigkeit, suchte ich denselben zunächst durch Messungen, die unten verzeichnet sind, zu widerlegen, bis endlich das Bestreben, die eigenthümlichen Nüancirungen eines im ersten Abschnitte vorgeführten Irradiationsobjectes (Taf. IV, Fig. 24) zu erklären, einen Zusammenhang ahnen liefs zwischen den Bedingungen jener eigenthümlichen Beleuchtungsmischungen und Demjenigen, was mir bei dem Objecte des VIII. Lehrsatzes das Bedingende zu sein scheint. Auf diese Weise entstanden die Untersuchungen über Contrastwirkung, welche der Betrachtung des VIII. Lehrsatzes fast episodisch eingefügt sind. Verhältnisse, welche den Abschluß dieser Arbeit geboten, machten eine gerundete und gedrängtere Darstellung sowie eine erschöpfendere Behandlung jenes Gegenstandes unmöglich. Zu genügendem Abschlusse gekommen, würde ich einfach die gegen den VIII. Lehrsatz relevanten Resultate citirt haben, während ich jetzt wegen Einfügung des ganzen Entwurfes um Nachsicht bitten muß.

I.

„Die Irradiation ist eine wohl festgestellte, leicht zu erweisende, sehr veränderliche, aber unter allen Umständen genau meßbare Thatsache.“

Plateau.

Gehen wir sogleich zu Plateau's zweitem Lehrsatz über:

II.

„Sie zeigt sich bei jeder Entfernung des sie erzeugenden Gegenstandes, von der kürzesten des deutlichen Sehens bis zu jeder beliebigen.“

Plateau.

§. 30.

In allen seinen Versuchen — eine einzige Versuchsreihe ausgenommen — beschäftigt sich Plateau mit derjenigen Gattung von Irradiation, welche durch zu große Entfernung des Objects bedingt ist. Er läßt die Personen in eine Entfernung von einigen Metern treten (63 Centimeter ist die kleinste der in seinen Tabellen verzeichneten Entfernungen, und nirgends — den sogleich zu nennenden Ausnahmefall abgerechnet — finden wir eine Angabe von Irradiation diesseits der Sehweite befindlicher Objecte. — Um den Einfluß der Linsen auf die Irradiation zu erforschen, bediente sich Plateau zunächst einiger Loupen; da mußte das Object nahe ans Auge gebracht werden — es trat durch zu große Nähe Irradiation ein. Was konnte diese Besonderes haben? Plateau bezog die Resultate auf die Irradiation schlechtweg und stellte ein Irradiationsgesetz auf (XII), welches mit Erfahrungen des alltäglichen Lebens in dem sichtbarlichsten Widerspruche steht. In dieser Beziehung dürfen wir sagen, Plateau kenne nicht die wegen zu großer Nähe stattfindende Irradiation, so wenig als er die wegen zu großer Entfernung stattfindende kennt; und wo das Wort Irradiation von Plateau genannt wird, da handelt es sich um die zuletzt genannte Gattung.

Wir können darum aus dem Satze: »die Irradiation zeige sich bei allen Entfernungen, von der kürzesten des deutlichen Sehens bis zu einer jeglichen«, nicht etwa herauslesen, sie zeige sich schon bei der kürzesten Entfernung, bei welcher überhaupt gesehen würde. — Von der Weite also des *deutlichen Sehens* an, und schon *innerhalb dieser*, irradiiren die Objecte. Hören wir den betreffenden Paragraphen Plateau's.

Nach Aufstellung des Gesetzes: »Der Winkelwerth der Irradiation ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes vom Auge« und nach Hinzufügung des Corollars: »Die absolute Breite, welche wir der Irradiation beilegen, ist, bei Gleichheit aller übrigen Dinge, proportional der Entfernung, die zwischen uns und dem Gegenstande da ist oder uns da zu sein scheint«, sagt Plateau (§. 71):

»Die Irradiation ist bisher von Physikern und Astronomen nur bei sehr entfernten Gegenständen beobachtet worden. Man sieht indefs nun, dafs sie bei kleinen Entfernungen so gut, wie bei grofsen stattfindet, nur dafs der scheinbare Effect, da er im Verhältnifs der Entfernung abnimmt, weniger auffallend ist bei näheren Gegenständen. Die kleinste der in der allgemeinen Tafel des §. 58 angeführten Entfernungen beträgt 63 Centimeter. Das ist schon wenig, allein es steht zu glauben, dafs sie bei noch geringeren Entfernungen, ja selbst bei der kürzesten Entfernung des deutlichen Sehens sichtbar gemacht werden könne, und in der That habe ich bereits die Sache durch Erfahrung bestätigt.«

»Der Apparat, der mir hierzu am zweckmäfsigsten erschien, ist, was die Form betrifft, der im §. 28 beschriebenen ausgeschnittenen Pappe (Taf. I, Fig. 1) analog: allein statt der Pappe mufs man eine Platte von Kupfer nehmen und ihr kleinere Dimensionen geben. Diese Platte mufs ungefähr 1 Decimeter in Breite und Höhe halten und 1 Millimeter dick sein; die gemeinschaftliche Breite der beiden kleinen Zonen, der vollen und der ausgeschnittenen, mufs $\frac{1}{2}$ Millim. betra-

gen und die Länge einer jeden ein Centim.; endlich müssen ihre Ränder von hinten zu geschärft sein. Diesen Apparat hält man Abends vor die Flamme einer Argand'schen Lampe und betrachtet ihn in der Entfernung des deutlichen Sehens. Der Effect der Irradiation ist dann sehr ausgeprägt und wird nicht eher unmerklich, als bis das Auge die Grenze erreicht, jenseits welcher das Sehen anfängt, seine Deutlichkeit zu verlieren. — Erinnern wir uns nun der wohlbekannten Thatsache der mit bloßem Auge beobachteten Irradiation der Gestirne, so werden wir zu dem neuen Satze geführt: Die Irradiation zeigt sich bei allen Entfernungen, von der kürzesten des deutlichen Sehens, bis zu einer jeglichen.“

§. 31.

Ich muß gestehn, daß „Irradiation“ und „deutliches Sehen“ — der Sache nach nicht minder, als dem gewöhnlichen Begriffe nach — mir durchaus unverträgliche Dinge zu sein scheinen. Ich habe indessen den Nachweis zu versuchen, daß die behauptete „Irradiation innerhalb der Sehweite“ ein Kunstproduct sei.

Plateau hat bei seinem Lampenversuche mittelst des Augenmaßes entschieden; sehen wir, ob uns das Augenmaß zu einem anderen Resultate führt. — Betrachten wir Fig. 18 a (Taf. III) unter möglichst strenger Einhaltung der entsprechenden Beobachtungsweite, so kann sich ein geübtes Augenmaß nicht überzeugen, daß die Felder von ungleicher Breite seien. Es kommen hierbei aber Verhältnisse in Betracht, welche allerdings leicht zu Gunsten Plateau's gedeutet werden könnten. Es scheint nämlich häufig — und ich selbst habe in dieser Beziehung mancherlei Zweifel gehabt — als sei das schwarze Mittelfeld schmaler, und dieses aus folgenden Ursachen. Zunächst, wenn wir recht scharf zusehen wollen und die Figur lange betrachten, so tritt alsbald Irradiation ein, und nur ein sehr geübtes Auge fühlt es, ob es mit oder ohne Irradiation sieht. Unterlassen wir daher, die Figur unter abwechselndem Näher- und Fer-

nerhalten zu prüfen (wobei dann freilich die nun durch zu grofse Nähe entstehende Irradiation so wenig, als vorher die durch Entfernung entstandene, für innerhalb der Sehweite stattfindend angesehen werden darf), so kommen wir zu falschem Schlusse. Wenn aber auch aufserdem dem abschätzenden Auge das schwarze Mittelfeld schmaler erscheint, so liegt dies nicht in Irradiation, sondern in einer Irreführung des Augenmafses, welche in der Zeichnung der Figur begründet ist und durch die Farbengebung gesteigert wird. Wir fassen nämlich das schwarze Zwischenfeld dann als ein steil stehendes Oblongum auf, indem wir die schwarze Umrahmung, die von ihm durch Contouren nicht getrennt ist, damit in Verbindung bringen *). Fertigt man Figuren an, bei welchen umgekehrt das Mittelfeld und die Umrahmung weifs ist (Vgl. Taf. VIII, Fig. 65), so wird bei Einhaltung der Sehweite das Mittelfeld trotz seiner Helligkeit nun nicht für breiter, sondern es kann, aus den angegebenen Gründen, für schmaler gehalten werden, als die schwarzen Felder. Zeichnet man blofs die Contouren der Fig. 18 a, ohne irgend einen Theil derselben schwarz auszufüllen, so hat man fast die nämliche Täuschung. Grofsen Einflufs auf den Grad der Irreführung des Augenmafses hat es weiterhin, von welcher Breite die um die Quadrate geführte Umrahmung ist und ferner, ob man diese oder die Quadrate vorzugsweise in's Auge fafst. Ich habe in dieser Angelegenheit Personen von sehr geübtem Augenmafs Zeichnungen vorgelegt und dieselben Urtheile erhalten; ein geübter Architect hat meine Beurtheilung dieser Verhältnisse gebilligt. —

Sollte Fig. 18 a, die ihrem ursprünglichen Zwecke indessen vollkommen entsprach, zur Entscheidung der vorliegenden Frage weniger geeignet sein, so wird eine einfach

*) Es ist dies jedenfalls ein anderer Effect, als der von Adolf Fick (s. oben, §. 6 a) beobachtete. Wir fassen das schwarze Mittelfeld als liegendes Oblongum auf, wenn wir die Figur, wie in Fig. 65, senkrecht nehmen.

schwarz und weiß gestreifte Fläche innerhalb der Sehweite die wirkliche Breite der Streifen unzweifelhaft erkennen lassen. Wäre dem nicht so, so würde ein Dambrett unter allen Umständen geschweifte Linien zeigen, während man sich von der Coincidenz und Geradlinigkeit der aufeinandertreffenden Contouren mittelst des Augenmaßes leicht überzeugt. —

Kommen wir auf den Versuch mit der Argand'schen Lampe. — Die Irradiation eines jenseits der Sehweite befindlichen Objectes wächst mit der Dauer der Beschauung. Beobachte ich bei 4 Zoll Sehweite ein Object in einer Entfernung von 4 Zollen ohne Irradiation, so wird aus denselben Gründen das Object alsbald etwas genähert werden müssen, oder es tritt Irradiation ein, indem durch Abänderung des Accommodationszustandes die Strahlen sich bereits vor der Netzhaut schneiden und Zerstreuungskreise bilden *). Das deutliche Sehen findet nun vielleicht bei $3\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung Statt; würde es hier richtig sein, zu sagen, 4 Zoll sei die Sehweite jenes Auges? — Wenn nun das Auge, um einem hellen Objecte accommodirt zu bleiben, die Entfernung um so rascher vermindern muß, je größer die Helligkeit des Gegenstandes ist, so hat es gar nichts Ueberraschendes, daß bei dem durch die Argand'sche Lampe erleuchteten Fensterapparate die Irradiation nur sehr kurze Zeit ausgeschlossen bleibt, und sehr rasch die entschiedenste Irradiation eintritt, wenn diejenige Beobachtungsweite gewählt und beibehalten wird, die unter gewöhnlichen Umständen der Sehweite entspricht. — Tritt aber darum die Irradiation in der »Weite des deutlichen Sehens« ein, wenn ein Auge

*) Man wendet hier nicht wohl ein, daß wenn der Anblick von Schwarz und Weiß den Refraktionszustand so rasch verändern sollte, ein Buch alsbald nicht mehr nahe genug ans Auge zu bringen sein würde. Es ist ein großer Unterschied, Schwarz und Weiß nur so oberflächlich zu überblicken, wie beim Lesen hinreicht, wo man nicht Buchstaben, sondern die ganzen Wörter auffaßt, oder ob über Dimensionen mittelst des Augenmaßes so scharf entschieden werden soll, wie bei den in Rede stehenden Versuchen, wobei das Accommodationsvermögen auf das Aeufserste angestrengt und modificirt wird.

von vielleicht 6 Zoll Sehweite eine vorübergehende Sehweite von 5 Zoll erworben hat?

§. 32.

Ueberlassen wir die Entscheidung nicht ausschließlich dem Augenmaße und ziehen auch andere Verhältnisse in Betracht.

Schiebt man ein Irradiationsobject nach Art der Fig. 18a (zu diesem Versuche die Felder nur etwa 2 bis 3 Linien in Seite) auf dem Beobachtungsapparate innerhalb der sich von selbst verstehenden Grenzen hin und her, so wird an den beiden Endpunkten der Verschiebung das schwarze Zwischenfeld im Vergleich mit den weißen Feldern sehr schmal gefunden. Bezeichnen wir nun den ganzen Weg, den das Object überhaupt zurücklegt, mit den in gleichen Zwischenräumen anzubringenden Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, so entscheidet auch das ungeübteste Auge, daß das schwarze Feld bei 2 und 4 in einem geringeren Grade einem Quadrat unähnlich sei, als bei 1 und 5, während etwa in der Gegend von 3 (Sehweite) der Wendepunkt gesucht wird. Bedenkt man nun, was es eigentlich ist, wodurch die Sehweite eben zur Sehweite wird, so hat man keinen Zweifel, daß Dasjenige, was bei 1 und 5 die relativen Größenverhältnisse bedingte, an einem bestimmten, dazwischen liegenden Punkte (und zwar etwa bei 3) ganz fehlt, und daß man es hier mit einer Erscheinung zu thun hat, bei welcher ein Kreuzungsverhältniß wesentlich mitwirkt. Mag nun auch das Augenmaß nicht immer auf eine Linie über jene Entfernung zu entscheiden vermögen, mag und muß diese Entfernung mit jeder Veränderung der brechenden Medien eine andere werden — dieses bleibt gewiß: es giebt für jedes Irradiationsobject eine Entfernung, welche die Irradiation ausschließt.

Nähme man aber dennoch an, auch dann, wenn das schwarze Zwischenfeld am Meisten quadratförmig schiene, bestünde auf der Netzhaut ein durch Continuität bewirkter Irradiationshof, so würde derselbe, wiewohl er für mich gleich

Null ist, der durch Brechung hinzukommenden Irradiation hinzu addirt werden müssen, der Effect aber, welcher die Proportionen bei 1 und bei 5 bewirkt, würde einzig dieser letzten Art von Irradiation zuzuschreiben sein. —

III. und IV.

„Der Gesichtswinkel, den sie umspannt und der sie misst, ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes.“

„Daraus folgt, dafs die absolute Breite, welche wir ihr beilegen, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, proportional ist der Entfernung, die zwischen dem Gegenstande und unserem Auge vorhanden ist, oder uns scheint vorhanden zu sein.“

Plateau.

§. 33.

Ich beschränke mich auf folgende Stellen des Plateau'schen Textes :

„(§. 54.) Die Theorie, mit der wir uns beschäftigen, erklärt auf eine eben so einfache Weise, warum die Irradiation um so gröfser erscheint, je entfernter der leuchtende Gegenstand ist. In der That bemerke man zunächst, dafs die wirkliche Breite der kleinen Zone vom fortgepflanzten Eindruck, welche, nach dieser Theorie, auf der Netzhaut das Bild des Gegenstandes umgiebt, nicht von der Entfernung dieses Gegenstandes abhängen kann, sobald nur dieser eine gleiche Helligkeit behält, immer auf einem gleich dunklen Grunde bleibt, u. s. w. Daraus folgt, dafs der Gesichtswinkel, welcher dieselbe Breite umspannt, für jegliche Entfernung derselbe bleibt. Da nun der Beobachter die erfolgende Erscheinung nothwendig auf den Gegenstand selbst überträgt, so legt er der kleinen leuchtenden Zone, welche dem Umfange dieses Gegenstandes hinzugefügt erscheint, eine absolute Breite bei, welche der wirklichen oder von ihm vorausgesetzten Entfernung seines Auges von dem Gegenstande proportional ist. Denkt man sich nämlich für einen Augenblick, dafs wirklich

eine kleine Zone dem Umriss des Gegenstandes hinzugefügt sei, so könnte man sie offenbar nur dann unter einem constanten und von der Entfernung unabhängigen Gesichtswinkel sehen, wenn man die wahre Breite derselben proportional mit dieser Entfernung änderte.“ —

„(§. 55.) Mithin ist die Vergrößerung, welche die Irradiation zu erleiden scheint, wenn man sie auf eine grössere Entfernung bezieht, eine nothwendige Folge der von uns erörterten Theorie. Könnte man nun beweisen, daß die scheinbare Vergrößerung wirklich, bei demselben Auge und demselben Gegenstand, einem constanten Gesichtswinkel entspricht, so würde dies eines der mächtigsten Argumente zu Gunsten derselben Theorie sein; denn diese Beständigkeit der Gesichtswinkel ist das Hauptkennzeichen der Gesichterscheinungen, die darauf beruhen, daß ein Stück Netzhaut von beständiger Grösse eine Abänderung erleidet. Diese wichtige Thatsache glaube ich festgestellt zu haben, und zwar mittelst des im §. 53 angegebenen Mefsverfahrens.“

Plateau beschreibt nun den von ihm angewendeten Apparat, welcher nach Art der Fig. 2 (Taf. I) construirt und aus durchbrochenem Kupfer gearbeitet ist. Das eine dunkle Feld ist durch eine Mikrometerschraube von rechts nach links verschieblich; ein gegen den Schraubenkopf gerichteter Zeiger giebt ein genaues Mafs von den Bewegungen des Feldes.

Hat man die Schraube des gegen den hellen Himmel aufgestellten Apparates in dem Sinne bewegt, daß die dunklen Felder in Wirklichkeit übereinandergreifen (wie bei Fig. 2), „so rücken jene beiden Ränder vermöge der längs ihnen entstandenen Irradiation scheinbar zurück . . . und man kann eine solche Entfernung aufsuchen, daß sie in ihrer gegenseitigen Verlängerung zu liegen scheinen. Da man die wirkliche Ausweichung beider Ränder und die Entfernung des Apparates vom Auge kennt, so kann man denn auch . . . den von der Irradiation bespannten Gesichtswinkel berechnen.“

„(§. 56.) Will man nun mit diesem Apparat ermitteln, ob der Gesichtswinkel, welcher die Irradiation mißt, unabhängig sei von der Entfernung des Gegenstandes vom Auge, oder

einem anderen Gesetze folge, so verfährt man so : Man mißt eine Reihe von Gesichtswinkeln, die für dasselbe Auge verschiedenen Ausweichungen und folglich verschiedenen Entfernungen entsprechen, und vergleicht nun die erhaltenen Werthe miteinander.“

Plateau verzeichnet nun eine Reihe von Vorsichtsmaassregeln, die er bei seinen Messungen beobachtete; er giebt die Tabellen seiner Resultate, berichtet über die Art und Weise seiner Berechnungen und kommt §. 69 zu dem Schlusse :

„*Der Winkelwerth der Irradiation ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes vom Auge*“, welchem Schlusse er das den Satz IV. bildende Corollar hinzufügt.

§. 34.

Bezüglich der Messungen Plateau's und der daran geknüpften Deductionen muß ich auf dessen eigne, sehr ausführliche Darstellung verweisen. Es war mir nicht gestattet, die Anfertigung des von Plateau benutzten Apparates abzuwarten und zahlreiche Messungen vorzunehmen; auf eine Besprechung des von Plateau gegebenen Berichtes aber möchte ich mich darum nicht einlassen, weil mir, der ich solche Messungen nicht vornahm, kein sicheres Urtheil über die einzelnen Operationen Plateau's zustehen kann. Ich verzichte daher auf jeden Versuch, die obenstehenden Sätze durch einen Angriff auf die Beweisgründe Plateau's bestreiten zu wollen; wenn ich aber gleichwohl denselben zu widersprechen wage und Plateau's zahlreichen Versuchen und Berechnungen gegenüber mich auf meine Beobachtungen beziehe, (Vgl. z. B. Fig. 18 a, b', c', d', e', f', g', Taf. III.) so geschieht dies einzig darum, weil den in Rede stehenden Sätzen meine Beobachtungen alle widersprechen und weil alle sich zu Gunsten der früher aufgestellten Theorie verwenden lassen.

Es bedarf im Hinblick auf frühere Erörterungen keiner weiteren Ausführung, wenn ich demnach im Widerspruch mit obenstehenden Sätzen behaupten möchte : *Die wirkliche*

Breite des auf der Netzhaut stattfindenden Irradiationshofes hängt wesentlich ab von der Entfernung des Gegenstandes; sie wächst unter sonst gleichen Umständen in dem Masse, als durch allzugrofse oder allzugeringe Entfernung des Objectes die Zerstreuungskreise sich vergrößern.

Bei Annahme der Irradiation durch Continuitätswirkung wüfste ich freilich, mit Plateau, nicht, wie unter sonst gleichen Verhältnissen die Breite des auf der Netzhaut entstehenden Irradiationshofes nach der Entfernung des Objectes verschieden sein sollte. Der Kern des dritten Lehrsatzes besteht aber in Folgendem: Die auf der Netzhaut stattfindende Irradiationszone ist bei sich gleichbleibender Helligkeit, u. s. w., bei allen Entfernungen gleich; unter einem je kleineren Gesichtswinkel das Object uns erscheint, als desto beträchtlicher fassen wir die in gleicher Entfernung gedachte Irradiation auf. Kommt uns das Object bis zur Sehweite nahe, so will Plateau, unter sehr günstigen Verhältnissen *), von der Zone noch eine Wahrnehmung haben. Je näher das Object dem Auge nun noch rückt, um so unmerklicher müfste die Irradiation werden; aber im Gegentheile, *sie nimmt wieder zu.* — In dieser einzigen Betrachtung glaube ich ein Recht zu finden, den betreffenden Lehrsätzen Plateau's zu widersprechen.

Bestimmungen nach Art des von Plateau §. 53 angegebenen Mefsverfahrens geben einen Mafsstab über die Sehweite der verschiedenen Individuen. Je kurzsichtiger Jemand ist, um so gröfser ist bei einer bestimmten Beobachtungsweite sein Irradiationswinkel für durch zu grofse Entfernung bedingte Irradiation. Je fernsichtiger Jemand ist, desto gröfser der Irradiationswinkel bei Irradiation durch zu grofse Nähe.

*) Versuch mit der Argand'schen Lampe.

V.

„Die Irradiation wächst mit der Helligkeit des Gegenstandes, aber weit weniger rasch als diese. Verzeichnet man das Gesetz durch eine Curve, welche die successiven Werthe der Irradiation zu Ordinaten hat, so geht diese Curve durch den Anfang der Coordinaten, kehrt ihre Concavität gegen die Abscissenaxe und besitzt eine dieser Axe parallele Asymptote. Für eine Helligkeit wie die des Himmels gegen Norden ist die Curve schon sehr ihrer Asymptote nahe.“
 Plateau.

§. 35.

Plateau zeigt die verschieden starke Irradiation verschieden heller Objecte an einer Figur, welche auf schwarzem Grunde einen weissen Streifen und in dessen unmittelbarer Fortsetzung einen ebenso breiten grauen Streifen enthält.

In Bezug auf das Verhältniß, in welchem die Irradiation mit der Helligkeit steigt, finden wir bei Plateau §. 81 folgende Betrachtung. Da die Winkeldurchmesser der Sonne und des Mondes wenig von einander verschieden sind, so muß die Helligkeit der Sonnenscheibe zu der der Mondscheibe fast im Verhältniß der Intensitäten des aus beiden Gestirnen zukommenden Lichtes stehn. Nun hat man den Glanz der Sonnenscheibe — wahrscheinlich noch zu gering — auf etwa hunderttausendmal größer, als den der Mondscheibe geschätzt. Plateau berechnet, daß wenn das Wachsen der Irradiation mit dem der Helligkeit gleichen Schritt hielte, der gesammte scheinbare Durchmesser der Sonne, wenn man diese auch nur zehntausendmal heller, als den Mond, betrachten wollte, mindestens 54° betragen würde. Der unmäßige Unterschied zwischen einem solchen Resultat und dem wirklichen Anblick der Sonnenscheibe nöthige uns anzunehmen, daß die Irradiation weit weniger rasch, als die Helligkeit des sie hervorrufenden Gegenstandes wachse.

Mit dieser Betrachtung stimmen die Resultate mehrerer von Plateau angestellten Versuche, in welchen Plateau

dem Auge eine Reihe verschiedener, in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehenden Helligkeiten bot; indem er nämlich gegen den Himmel projecirte, rasch um ihren Mittelpunkt drehende schwarze Scheiben beobachtete, in welchen verschieden große um den Mittelpunkt liegende Sectoren ausgeschnitten waren. Das Resultat dieser Versuche ist in dem unter V. verzeichneten Gesetze ausgedrückt.

§. 80 äußert Plateau, die Hypothese von einer Fortpflanzung des Eindruckes auf der Netzhaut gebe vollkommen Aufschluß über das Wachsen der Irradiation mit der Helligkeit; »denn man begreift«, sagt Plateau, »daß eine kräftigere Erregung sich in größere Entfernungen erstrecken müsse.« — Warum aber nicht in immer größere Entfernungen, je heller der Gegenstand wird? Es scheint, als zeige sich das aus Plateau's Versuchen hervorgehende Verhältniß, daß nämlich geringe Verschiedenheiten in der Lichtstärke, so lange diese überhaupt noch unbedeutend ist, sehr beträchtliche Verschiedenheiten in der Irradiation bedingen, während, wenn die Lichtstärke einmal ein größeres Maß erreicht hat, auch enorme Steigerung derselben die Irradiation unverändert zeigt — mit der Continuitätstheorie mindestens in nicht vollkommenerer Uebereinstimmung, als mit derjenigen Theorie, welche die Irradiation durch Zerstreuungskreise zu erklären sucht. Denn bei der letzteren leuchtet es ein: sobald ein vielleicht nur sehr mäßig leuchtender Körper seine Umgebung in dem Grade an Licht überwiegt, daß die Zerstreuungskreise des ersteren die der Umgebung vollständig bekämpfen und über-tönen — was könnte dann für die Irradiation durch Steigerung der Helligkeit noch weiter gewonnen werden? Eine Zunahme der Irradiation bei wachsendem Lichte, die sich aus der Continuitätstheorie erklären lassen könnte, bleibt aus; wächst oder schwindet dagegen (je nach ihrer Gattung) die Irradiation, so zeigt sich der Refraktionszustand des Auges verändert, und die Erscheinung erklärt sich, ohne Continuitätstheorie, aus Vergrößerung oder Verkleinerung der Zerstreuungskreise.

VI. und VII.

„Wenn das den Gegenstand umgebende Feld nicht völlig lichtlos ist, so wird die Irradiation geschwächt, desto mehr, als die Helligkeit des Feldes sich der Gleichheit mit der des Gegenstandes nähert. Tritt diese Gleichheit ein, so verschwindet die Irradiation.“

„Daraus folgt, daß wenn zwei gleich helle Gegenstände einander berühren, die Irradiation für jeden von ihnen in dem Punkte oder der Linie der Berührung Null ist.“

Plateau.

§. 36.

Die Continuitätswirkung als Ursache der Irradiation ist eine Hypothese; es ist nichts Näheres bekannt, wie und durch welche Organe sie stattfinden soll. Es steht darum ihren Anhängern frei, sie in ihren einzelnen Wirkungen immer so zu denken, daß sie für die Erklärung der unter so verschiedenen Modificationen zu Stande kommenden und mit so mancherlei Eigenthümlichkeiten sich zeigenden Erscheinung sich verwenden läßt. Man würde darum bei Annahme der Continuitätswirkung nicht etwa sagen: „Der Lichteindruck einer stark gereizten Netzhautstelle wird eine um so größere Fähigkeit haben, seitlich zu effluiren, je homogener die Reizzustände jener Stelle und deren Umgebung sind und je heller mithin auch die Umgebung eines hellen Bildes beleuchtet ist“, sondern es würden sich, wenn damit überhaupt viel gewonnen wäre, weit günstigere Anschauungen — wählen lassen. Ein helles Feld, welches vermöge Continuitätswirkung gegen ein benachbartes dunkles Feld stark, gegen ein nicht vollkommen dunkles Feld wenig irradiirt, würde z. B. sich ähnlich verhalten, wie ein poröser, mit Wasser getränkter Körper, der einem zweiten, mit ihm in Berührung stehenden, benetzbaren, aber wasserarmen Körper rasch und reichlich Wasser mittheilt, während dieser zweite Körper, wenn er selbst stark getränkt ist, nur ungern Wasser aufsaugt und allmählig selbst geneigt wird, Wasser abzugeben.

Von dergleichen Analogien abzusehen, bekenne ich mich vollständig zu dem Thatsächlichen des Satzes VI und glaube, jene Erscheinungen den gegebenen Prämissen gemäß erklären zu können.

Plateau bezieht sich bei Besprechung der obenstehenden Sätze auf seine aus Betrachtungen über das punctum coecum entwickelte Annahme (Siehe §. 66 d. Abh.), nach welcher das Auge in seiner Neigung, von der Seite her fortgepflanzte Eindrücke aufzunehmen einen umgekehrten Gang befolgt, als in der Neigung, unmittelbare aufzunehmen. Er sagt in § 50, daß in dem Maße, als das directe Licht seine Macht auf die Netzhaut verliere, der fortgepflanzte Eindruck sich darin mehr entwickle; wonach also die Continuitätswirkung einer irradiirenden Netzhautstelle um so größer sein würde, je mehr die Umgebung an Lichtstärke zurücksteht. — In Beziehung hierauf nun fährt Plateau §. 91 fort :

„— Danach begreift man, daß wenn der Grund, auf welchem der leuchtende Gegenstand erscheint, seinerseits auch eine gewisse Lichtmenge in das Auge schickt, der dadurch erzeugte directe Eindruck der Irradiation des Randes vom Gegenstande entgegenwirkt, und das um so mehr, als die Helligkeit des Grundes beträchtlicher ist.“

§. 37.

Halten wir hier daran fest : Ein Object, dessen leuchtende Punkte seiner Entfernung gemäß nicht punktförmig auf der Netzhaut vereinigt werden können, liefert Zerstreuungskreise, mag dasselbe nun ein- oder mehrfarbig sein und welche Farbe dasselbe auch tragen mag. Ist das Object nun ganz weiß, so mischen sich die Zerstreuungskreise seiner linken Hälfte ein Stückwegs mit den Zerstreuungskreisen der rechten Hälfte; aber wir haben keine Wahrnehmung davon, weil überall die gleichen Elemente zur Wirkung kommen. Finden wir nun bei schwarz und weißem Bilde in der Regel nur sehr geringe Spuren eines Zwischenbildes, statt dessen aber Schmälerung des schwarzen, so be-

weist dies, daß auf der gemeinschaftlichen Netzhautstelle fast ausschließlich das helle Bild zur Wirkung kommt. Wir wissen aus zahlreichen Versuchen, daß dies um so vollständiger geschieht, je mehr beide Bilder in ihrer Lichtstärke verschieden sind. Denken wir uns (die Continuität, von welcher bei XIV. ausführlicher die Rede sein wird, aufser Acht lassend) die von Zerstreuungskreisen verschieden heller Bilder getroffene Netzhaut, so haben wir zunächst einen Kern des hellen Bildes, in welchem nur Zerstreuungskreise vom hellen Bilde, ohne eingemischte Strahlen des Grundes, sich vorfinden. Theilen wir nun die nach aufsen gelegenen, immer unreiner werdenden Zerstreuungskreise des hellen Bildes in drei, dem Kerne concentrische Ringe, so wird es nicht sowohl auf die absolute Helligkeit des hellen Objectes, als vielmehr auf das relative, zwischen ihm und seiner Umgebung bestehende Verhältniß der Helligkeit ankommen, ob das helle Bild in der ganzen Ausdehnung seiner Zerstreuungskreise irradiirt, oder mit jenen beiden inneren, oder ob es nur mit dem innersten Ringe irradiirt.

Sind Bild und Grund an Lichtstärke gleich, so wird im gesammten Bereiche der ineinandergemischten Zerstreuungskreise ein gleichmäfsig gemischter Eindruck vermittelt; besteht nun verschiedene Färbung, so zeigt sich ein Zwischenbild. Bei Eindrücken von verschiedener Helligkeit unterliegt der dunklere Eindruck um so mehr, je gröfser der Helligkeitsunterschied. Man kann demnach eine *indifferente*, eine *mischende* und eine *übertönende* Irradiation unterscheiden. Von dem Grade des Helligkeitsunterschiedes zweier Lichteindrücke hängt es ab, ob z. B. übertönende Irradiation in dem ganzen Bereiche der Zerstreuungskreise zur Wirkung kommt, oder ob an der Peripherie mischende Irradiation sich hinzugesellt. —

Es ist auffallend, daß einer Irradiation farbiger Objecte bei Plateau nirgends Erwähnung geschieht.

VIII.

»Zwei benachbarte und hinreichend nahe Irradiationen erleiden beide eine Schwächung. Diese Schwächung ist desto beträchtlicher, als die Ränder der leuchtenden Räume, von denen die beiden Irradiationen ausgehen, einander näher sind.«

Plateau.

§. 38.

In seinem 35. Paragraphen spricht sich Plateau über Vorsichtsmafsregeln aus, die er zur Abwendung verschiedener Einflüsse getroffen, welche bei einem so zarten Gegenstande die Sicherheit der Beobachtungsergebnisse leicht hätten verringern können. Er sagt dort :

»Da die Erscheinungen der Irradiation im Auge selbst ihren Sitz, und immer eine geringe Gröfse haben, so könnte man zunächst fürchten, dafs der Beobachter sich durch eine vorgefafste Idee in seinem Urtheile leiten liefse. Andererseits wäre es möglich, dafs die Erscheinung, die sich ihm zeigt, von der besonderen Beschaffenheit seiner Augen abhinge und nicht als eine allgemeine Thatsache betrachtet werden könnte. Um sich gegen diese Unsicherheiten zu schützen, bietet sich das Hülfsmittel dar, dieselben Versuche von anderen Personen machen zu lassen, und zwar von unterrichteten Personen, die an Beobachten von Naturerscheinungen gewöhnt sind. Die Personen, die mich zu unterstützen die Güte hatten, und diese Versuche entweder insgesamt oder zum Theil wiederholten, sind : Herr Quetelet, Director der Sternwarte zu Brüssel, Herr Burggraeve, Professor der Anatomie, Herr Bommart, Professor der Bauwissenschaften, Herr Cantraine, Professor der Zoologie, Herr Mareska, Professor der Chemie, Herr Manderlier, Professor der Mathematik, sämmtlich an der Universität zu Gent; Herr Dupré, Professor der Physik und Herr Le François, Professor der Mechanik, beide an der Gewerbschule daselbst; Herr Jacquemyns, Professor der Physik am Athenäo daselbst, und Herr Moke, Doctor der Medizin. — Um endlich meinen Resultaten alle mögliche

Bürgschaft zu geben, habe ich mich immer gehütet, die Personen von dem, was sie bei der Beobachtung sehen würden, vorher zu unterrichten, und, wenn ich sie später nach dem Gesehenen fragte, trug ich grofse Sorge, ihnen nichts zu sagen, was ihr Urtheil hätte mehr nach der einen, als nach der anderen Seite hinlenken können.“

Was das wichtigste der von Plateau angeführten Bedenken betrifft, so habe auch ich bei meinen Versuchen zuweilen gezweifelt, ob ich »man sieht«, oder »ich sehe« zu setzen habe. Indessen glaubte ich mich durch bei anderen Gesichtsphänomenen gemachte Erfahrungen berechtigt, keine Einmischung subjectiver Wirkungen meines Auges befürchten zu dürfen. Auch finde ich jetzt bei Plateau die Ansicht (§. 85), dafs alle Gesetze der Irradiation, abgesehen von ihrer absoluten Intensität, bei den verschiedenen Individuen gleich sein möchten. Wie dem auch sei — es standen mir bei Anstellung meiner Versuche keine Gehülfen zu Gebote, und noch jetzt, da ich dies schreibe, habe ich Niemanden weder meine Meinung mitgetheilt, noch einen Zeugen für meine Versuche.

So schwer es mir nun auch halten mag, bei einem Manne wie Plateau, der sich überdies auf so gewichtige Zeugen berufen darf, Beobachtungsfehler anzunehmen, so glaube ich doch dem obenstehenden Satze, und theilweise dem ihm zu Grunde liegenden Beobachtungen widersprechen zu müssen. Ich habe indessen bestimmte Fälle beobachtet und werde sie vorführen, in welchen jener Satz sich nicht bewahrheitete, während ich mir keinen Grund denken kann, aus welchem jenes Gesetz, wenn es bestünde, hätte unbefolgt bleiben dürfen. — Der Satz, wie Plateau ihn formulirt hat: »Zwei nahe benachbarte Irradiationen *erleiden* eine Schwächung«, ist allerdings in vielen Fällen wahr. Wenn aber Plateau's eigentliche Meinung offenbar diese ist: »Die benachbarten Irradiationen thun einander *Eintrag*, sie bekämpfen einander« (Vgl. unten Plateau's §. 36 bis 39 sowie 94 und 95); »derselbe Vorgang, welcher unter gewöhnlichen Verhältnissen die Quelle der Ver-

größerung des hellen Bildes ist, bewirkt bei naher Benachbarung zweier Irradiationen eine gegenseitige Zurückhaltung und Abstofsung der zum seitlichen Ausstrahlen geneigten Lichteindrücke« (vgl. §. 94) : so glaube ich einestheils behaupten zu dürfen (§. 68 dieser Abhandlung), dafs bei Annahme der durch Continuitätswirkung entstehenden Irradiation jene Schwächung nichts weniger, als mit Leichtigkeit aus dem Continuitätsprinzip erklärbar sei, während mir in gegenwärtiger Betrachtung der Nachweis obliegt, dafs die in Frage stehende Schwächung nichts gemein hat mit den Ursachen der Irradiation, sondern etwas Accidenzielles und von einem ganz heterogenen Gesetze Abhängiges ist.

§. 39.

Die Versuche, welche Plateau zur Aufstellung des VIII. Satzes führten, sind folgende :

»(§. 36.) Auf ein Stück weifser Pappe von 20 Centimeter Höhe, 15 Breite ziehe man am Lineal eine etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter dicke schwarze Linie von a nach b (Taf. V, Fig. 34) und streiche nun das Rechteck c b g d schwarz an; es wird dann die Seite b c dieses schwarzen Rechtecks mit der linken Grenze des kleinen schwarzen Streifens c a f h eine stete Gerade bilden. Nun stelle man die Pappe nahe an ein Fenster und entferne sich um einige Meter; dann scheint diese Stetigkeit nicht mehr Statt zu finden; vielmehr scheint die Seite c b des schwarzen Rechtecks um eine sehr merkliche Gröfse gegen d g vorgeschoben, so dafs der kleine schwarze Streifen einen Vorsprung gegen sie macht wie ihn Fig. 35 (Taf. V) vorstellt. Daraus folgt, dafs der weifse Raum q c b n (Fig. 34) vermöge seiner Irradiation mehr über das schwarze Rechteck weggreift, als der weifse Raum m a c q über den kleinen schwarzen Streifen. Dieser Unterschied mufs nothwendig der Gegenwart des weifsen Raums f h d p auf der anderen Seite dieses kleinen Streifens zugeschrieben werden; denn wenn man auch diesen letzteren

Raum schwärzte, so würde alles unterhalb und oberhalb q d ähnlich, und folglich das Uebergreifen hier und dort gleich stark sein, oder, anders gesagt, die Linie, welche auf der rechten Seite den gesammten weissen Raum $m a b n$ zu begrenzen scheint, würde eine stete Gerade sein. Mithin wird der Irradiation von $m a c q$ längs $a c$ entgegengewirkt durch das Dasein des weissen Raums $p f h d$, dessen Irradiation sich in umgekehrter Richtung zu entwickeln strebt; und da diese beiden weissen Räume gegeneinander auf eine ähnliche Weise gelagert sind, so folgern wir daraus, dafs jeder von ihnen auf die Irradiation des andern eine sie verringernde Wirkung ausübt. Wenn man dem schwarzen Streifen eine gröfsere Breite giebt, so wird der scheinbare Vorsprung geringer. Wir sind also zu folgendem allgemeinen Satz geführt: *Zwei gegenüberliegende und hinreichend genäherte Irradiationen erleiden beide eine Schwächung. Diese Schwächung ist um so beträchtlicher, als die Ränder der hellen Räume, von denen die beiden Irradiationen ausgehen, näher zusammenliegen.*“

Der geschilderte Versuch wird §. 37 noch in folgender Weise modificirt. Ein Brett von 20 Centimeter Höhe, 17 Breite wird durch eine senkrechte Mittellinie in zwei Hälften getheilt, deren eine einen weissen, die andere einen schwarzen Anstrich erhält. Auf der schwarzen Hälfte ist ein weisses Brettchen, welches die untere Hälfte derselben zu decken vermag, mittelst einer Schraube von links nach rechts verschieblich, so dafs sein der weissen Hälfte des grossen Brettes zugewendeter Rand der Mittellinie des grossen Brettes genähert und entfernt werden kann. Geschieht das Erstere, so stellt sich mehr und mehr die Fig. 34 her; bei Irradiation hört die Mittellinie auf, eine stete Gerade zu bilden, „die eine Hälfte derselben scheint sich in Bewegung zu setzen“ und vor dem Rande des kleinen Brettchens zurückzuweichen.

Um den aufgestellten Satz noch unmittelbarer zu erweisen, kreuzt Plateau (§. 38) eine grau und weifs gestreifte Fläche (ein gegen den Himmel gehaltenes, durchbrochenes

Papier) durch zwei schwarze Streifen von sehr verschiedener Breite; er beobachtet bei eingetretener Irradiation, daß während der schmale Streifen auf dem weißen Grunde noch deutlich sichtbar ist, der breite daselbst bereits um ein beträchtlicheres Stück schmaler erscheint, als die ganze Breite des schmalen Streifens in Wirklichkeit beträgt.

§. 39 malt Plateau auf schwarzen Grund drei gleich breite, in gleichen Abständen parallel nebeneinander verlaufende weiße Streifen; »das mittlere weiße Feld erscheint, aus zweckmäßiger Entfernung betrachtet, schmaler, als die beiden anderen, indem den Irradiationen, die sich längs seiner Ränder zu entwickeln trachten, durch die Nachbarschaft der beiden anderen entgegengearbeitet wird.«

»Man male auf weiße Pappe ein schwarzes gleichseitiges Dreieck, so groß wie Fig. 40 (Taf. VI), und betrachte es, wie den früheren Apparat, aus einigen Metern Entfernung, nachdem man die Pappe an einem recht hellen Orte aufgestellt hat. Die Seiten des Dreiecks werden nun nicht mehr geradlinig erscheinen, sondern sich etwas eingebogen darstellen, wie Fig. 41 zeigt. Die Irradiation, durch welche der weiße Grund scheinbar in die schwarze Figur einzugreifen scheint, findet nämlich in der Mitte jeder Seite wenig oder gar kein Hinderniß, weil diejenigen Theile des Grundes, welche die beiden andern Seiten berühren, zu weit davon abstehen; weiter nach den Ecken hin kommen aber die Irradiationen, die längs den Seiten entwickelt werden, einander immer näher und erleiden daher eine immer größer werdende Verringerung.«

»Es ist endlich diese Art von Neutralisation zweier benachbarten Irradiationen, welcher wir es verdanken, daß wir, selbst bei Sonnenschein, die zartesten Striche der feinsten Schrift unterscheiden, ein Haar, selbst einen Seidenfaden u. s. w. gegen den Himmel wahrnehmen können; denn die Irradiation würde, selbst in der Entfernung des deutlichen Sehens, mehr als hinreichend sein, um, wie wir weiterhin (§. 95) sehen werden, diese so dünnen Gegenstände vollständig auszulöschen, wenn nicht die Uebergreifungen, welche an beiden

Seiten zu entstehen trachten, eine bedeutende Verringerung erlitten.“

In §. 94 giebt Plateau seine Ansicht über die Ursache der bei benachbarten Irradiationen stattfindenden Beschränkung; es ist ihm jene Beschränkung eine Consequenz derjenigen Bedingungen, welchen die Irradiation selbst ihr Entstehen verdankt.

(§. 94) »Der Satz vom Einfluß der Helligkeit des Feldes« (»Die Irradiation eines leuchtenden Körpers wird um so geringer, je leuchtender dessen Umgebung.«) »und der von der Verringerung zweier benachbarten Irradiationen müssen, nach dem Obigen, innig miteinander verknüpft sein. In der That, es mögen zwei leuchtende Räume von gleicher Helligkeit sich allmählig bis zur Berührung nähern, oder von zwei ursprünglich in Berührung stehenden Räumen ungleicher Helligkeit der minder helle dem andern allmählig gleich gemacht werden, so muß doch das endliche Resultat das nämliche sein, d. h. man wird auf beiden Seiten zuletzt zwei gleich helle Räume in Berührung haben. Die Wirkung bei dieser Grenze, nämlich die Vernichtung der Irradiation muß also in beiden Fällen aus der nämlichen Ursache entspringen, und danach wird es also sehr wahrscheinlich, daß die Verringerung, welche die Irradiation vor dieser Gränze in dem einen, wie in dem andern Fall erleidet, auch von Ursachen gleicher Ordnung herrührt. In der That werden wir sehen, daß das Phänomen der Schwächung zweier benachbarten Irradiationen eine ganz natürliche Folge der theoretischen Betrachtungen ist, welche das Vorhergehende erklären. Wenn ein Theil der Netzhaut dadurch, daß er einen directen Eindruck bekommt, für einen Reiz durch Mittheilung weniger empfänglich wird, und diese Empfänglichkeit für einen zweiten directen Eindruck, von gleicher Intensität mit dem ersten, ganz verliert, so ist es vernünftig, anzunehmen, daß die Art von Abstofsung, welche jeder dieser Eindrücke auf die Irradiation des andern ausübt, sich bis zu einer gewissen Entfernung fühlbar mache, und daß demnach, wenn dieselben Ein-

drücke, statt in Contact zu stehen, durch einen kleinen Zwischenraum getrennt sind, jeder von ihnen die Irradiation des andern *schwächen* müsse. Wirklich wäre es schwierig vorauszusetzen, daß das beim Contact für beide Irradiationen eintretende Hinderniß durch diesen kleinen Zwischenraum plötzlich vernichtet werde. Das Gesetz der Stetigkeit führt also zu dem durch Erfahrung bestätigten Schlufs, daß wenn zwei gleich helle und ursprünglich von einander entfernte Gegenstände sich allmählig nähern, ihre anfangs frei sich entwickelnden Irradiationen zuletzt den Einfluß des benachbarten Gegenstandes empfinden und immerfort abnehmen, bis zum Contacte beider Gegenstände, wo sie verschwinden.“

§. 95 beschreibt Plateau zum Schlusse einen Versuch, durch welchen er die in Frage stehende Schwächung gemessen hat. Ueber eine kreisrunde Oeffnung von 5 Cm. Durchmesser einer geschwärzten, gegen den Himmel projectirten Pappe ist ein Coconfaden gespannt; »der leuchtende Raum ist mithin durch eine äußerst dünne Linie in zwei Theile zerschnitten, welche den Dienst zweier leuchtenden Gegenstände von gleicher Helligkeit verrichten, die einander sehr nahe sind und sich folglich in Bezug auf die wechselseitige Neutralisation ihrer beiden Irradiationen unter sehr günstigen Bedingungen befinden.“

»Wenn nun hierauf eine Person, aus einiger Entfernung vom Apparat, sich langsam demselben nähert, bis zu dem Abstand, wo sie anfängt, den Faden zu unterscheiden, so ist klar, daß bei diesem Abstände die Summe der Gesichtswinkel, welche die zu beiden Seiten des Fadens ausgeübten Irradiationsreste messen, etwas geringer sein muss, als der Gesichtswinkel, der, bei gleichem Abstände, die wahre Dicke dieses Fadens umspannt. Mit andern Worten, da die beiden Irradiationen gleich sind, so muß jede von ihnen etwas kleiner sein, als die Hälfte dieses letzteren Winkels. Klar ist nämlich, daß, ohne diese Bedingung, der Faden verdeckt und nicht wahrnehmbar sein würde. Kennt man also die Dicke dieses Fadens und mißt die besagte Dicke, so ergiebt sich daraus

eine Grenze, unterhalb welcher der Werth beider Irradiationen liegen mufs. Mifst man nun bei derselben Person unmittelbar vor und nach diesem Versuch den Werth der frei durch die Helligkeit des Himmels entwickelten Irradiation, so wird man diesen Werth mit obiger Grenze vergleichen, und folglich beurtheilen können, welchen Einflufs die Nachbarschaft zweier Gegenstände auf die Irradiationen derselben ausübt.“

„Auf diese Weise verfuhr ich mit der zweiten Person der Tafel des §. 74. Diese Tafel zeigt, dafs bei ihr die von der Himmelshelligkeit erzeugte Irradiation am zweiten Tage $52'',6$ war, und dieser Werth kommt der Wahrheit sehr nahe, weil er aus einer Gesammtheit von 12 Beobachtungen abgeleitet ist. Als dieselbe Person einige Augenblicke darauf den Versuch mit dem Conconfaden anstellte, begann sie denselben in der Entfernung von drei Metern zu unterscheiden. Nun hat ein Coconfaden ungefähr die Dicke von 0,01 Millimeter, was für genannte Entfernung einen Gesichtswinkel von 0,69 ergibt. Die übrig bleibende Irradiation längs jeder Seite des Fadens mufste also geringer sein, als die Hälfte dieses Werthes; d. h. als $0'',34$. Die Nachbarschaft dieser beiden Gegenstände hat mithin im besagten Fall die Irradiation von $52'',6$ auf weniger, als $0'',34$ zurückgeführt, d. h. auf weniger als den hundert vier und funzigsten Theil des Werthes, den sie erlangen würde, wenn sie sich frei entwickeln könnte.“ —

Zu dieser Darstellung sei noch ein Versuch hinzugefügt, der zugleich als ein Fall von gegenseitiger Beschränkung durch zu grofse Nähe bedingter Irradiationen gelten kann, wovon Plateau kein Beispiel giebt. Betrachtet man die Zähne eines mit seiner Fläche nahe ans Auge gehaltenen Sägeblattes, so sieht man, dafs die zwischen die einzelnen Zähne eingreifenden Irradiationen daselbst tiefe, gerundete Buchten ausschneiden; dagegen findet sich für jeden Zahn eine scharf vorragende Spitze. Man könnte nun glauben, das Letztere sei unter dem Schutze der benachbarten Irradiationen geschehen, während die Erscheinung, wie unten folgen wird, sich ganz anders erklärt.

§. 40.

Ich erlaube mir nun, die oben erwähnten Versuche darzustellen, von welchen ich glaube, daß sie mit Plateau's Ansicht von den benachbarten Irradiationen in Widerspruch stehen.

Der erste Versuch dieser Art betrifft eine Winkelmessung bei einer dem Einflusse benachbarter Irradiationen ausgesetzten schwarzen Figur.

Wenn Plateau §. 39 angiebt, daß Fig 40 (Taf. VI) durch Irradiation die Gestalt von Fig. 41 annehme*), wovon ich mich jedoch, wie unten näher darzuthun, niemals überzeugen konnte, so müßte nothwendig zu erwarten stehen, daß ein schwarzes, gleichschenkliges Dreieck (Taf. VI, Fig. 43) bei Irradiation des weißen Grundes in der durch die punktirten Linien angedeuteten Weise abgeändert werden würde; es würde also vorzüglich der obere, 30° betragende Winkel verkleinert werden und das Dreieck in seiner oberen Partie eine dem Auge sogleich auffallende, weit schlankere Gestalt gewinnen. Die fragliche Abänderung jenes Winkels durch Messung nachzuweisen, würde nicht schwierig sein, indem die Ränder des Dreiecks bis zu der Gegend bei m, wo abermals, durch den Einfluß der von n ausgehenden Irradiation, Beschränkung stattfände, als geradlinig betrachtet werden könnten.

Schwarze, gleichschenklige Dreiecke auf weißem Grunde, in einer Höhe von 3 Millim., 2 Centim. und 36 Centim., wurden nun in allen möglichen Entfernungen beobachtet: der Winkel von 30 Graden, dessen Gestalt sich dem Gedächtnisse leicht einprägt, schien niemals verändert. Die Ränder zeigten sich niemals ausgebuchtet und ich gewann in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen die feste Ueberzeugung, daß die Irradiation, in geraden Linien vorrückend, nur die Größe, nicht aber die Gestalt eines Dreiecks verändern könne.

*) Namentlich auch hinsichtlich dieses Versuchs beruft sich Plateau auf seine Zeugen. — Daß Fig. 41 in Poggendorff's Annalen anders, als die des Originalaufsatzes, construirt sei, darf ich nicht annehmen.

Um diese Ansicht durch Messung zu erhärten, malte ich auf einen Streifen sehr weissen Ohneendpapiers von 265 Centim. Länge und 145 Centim. Breite ein schwarzes, gleichschenkliges Dreieck, dessen oberer Winkel 30 Grade und dessen Höhe $216\frac{1}{2}$ Centimeter betrug. Es war, wie man sieht, darauf Bedacht genommen, daß die Figur ringsum in hinreichender Ausdehnung von Weiss umgeben sei; so betrug namentlich die Entfernung der oberen Spitze des Dreiecks bis zum oberen Rande des Papiers $24\frac{1}{2}$ Centim. — Diese riesige Figur wurde an einem sehr hellen Morgen in einem Gartensaale an die Wand befestigt.

Derselben Beleuchtung, wie das Dreieck, wurde die von Plateau zu Messungen der Irradiation bestimmte Figur (Taf. I, Fig. 2; in den von Plateau angegebenen Verhältnissen : 20 Centim. hoch, jedes der beiden weissen Felder 1 Millim. von der senkrechten Mittellinie sich fernhaltend) ausgesetzt; sie zeigte meinem unbewaffneten Auge schon bei einer Entfernung von 45 Centim. Coincidenz der inneren senkrechten Contouren. Eine Entfernung von 5 Metern (8 Schritte), welche bei meiner Augenbeschaffenheit eine sehr beträchtliche Irradiation ergeben mußte, schien für Anstellung der Winkelmessungen die passendste Beobachtungsweite. Bevor jedoch zu diesen geschritten wurde, suchte ich zu ermitteln, welches etwa der Effect hätte sein müssen, wenn die Spitze des schwarzen Dreiecks wirklich unter dem Schutze einander bekämpfender Irradiationen gestanden hätte.

Die so eben benutzte Figur Plateau's wurde demnach, um zunächst die Gröfse der bei 5 Metern Entfernung stattfindenden Irradiation zu bestimmen, in folgender Weise hergestellt. Auf einem weiss überspannten, viereckigen Brette von 58 Centim. Höhe, 44 Breite, wurden zwei nicht ganz den 4. Theil jenes Raumes haltende (20 Centim. breite), verschiebbliche schwarze Papierblätter also befestigt, daß bei einer Beobachtungsweite von 5 Metern meinem unbewaffneten Auge Coincidenz der inneren senkrechten Contouren eintrat. Die schwarzen Felder mußten hierzu je 42 Millim. über die Mittellinie des Brettes hinausgeschoben werden; die Irra-

diation betrug mithin an jeder Seite eines weissen Feldes 42 Millim. — Nach hierauf erfolgter Vornahme von 10 Winkelmessungen, die etwa $\frac{1}{2}$ Stunde erforderten, wurde dieser Versuch wiederholt; die Irradiation betrug nun 55 Millimeter; nehmen wir also in runder Zahl an, die Irradiation betrug an jedem Rande der weissen Felder 5 Centimeter. Ich bemerke noch, dafs der bei diesen Bestimmungen benutzte Apparat absichtlich an einer weissen Wand aufgestellt wurde und dafs mithin seine beiden schwarzen Felder ringsum eine weisse Umgebung hatten.

Werfen wir jetzt einen Blick auf unsere konische schwarze Figur. Eine Breite von 20 Centim. (die Breite der schwarzen Papiere des Vierfelderapparates) besitzt das schwarze Dreieck etwa $37\frac{1}{2}$ Centim. unterhalb seiner oberen Spitze (Taf. VI, Fig. 43, bei d e). Wurden jene viereckigen Blätter bei 5 Met. Beobachtungsweite jederseits um 5 Centim. geschmälert, so wird auch bei der dreieckigen Figur die Irradiation von jeder Seite her 5 Centim. weit eingreifen, mithin von d bis f und von e bis g vorschreiten. Aber man sehe auf unserer Tafel, welche Nadelform unter dem Einflusse der benachbarten Irradiationen entstehen müfste, wenn die Linie b a ihren Weg über f, die Linie b c ihren Weg über g einschläge. Aus dem Winkel von 30 Graden würde ein Winkel von 15 Graden entstehen, was wahrlich ein derb in die Augen fallender Unterschied wäre. Und diese Darstellung übertreibt nicht. Man vergleiche Fig. 41, nach Plateau aus Fig. 40 entstanden. Getreu dem Satze, »die Irradiation zweier hellen Räume ist im Punkte ihrer Berührung gleich Null« haben die benachbarten Irradiationen die Spitzen des Dreiecks dort nicht im Mindesten gestutzt, so sehr auch die Ausbauchung längs der Seiten ist.

§. 41.

Schreiten wir nun zu unserem Versuche. Für die Messungen hatte ich folgenden Goniometer zubereitet. Ein aus drei Holzleisten bestehender Rahmen umschlofs einen dreieckigen Raum von 41 Centim. Höhe. In der Richtung eines aus dem oberen Winkel fallenden Lothes, 10 Centim. vom

oberen Winkel entfernt, bildete ein feiner Draht ein kleines Ohr, dessen unveränderte Stellung durch zwei weitere, seitwärts befestigte Drähte gesichert war. Durch das Ohr wurde ein Seidenfaden geführt, an beide Enden des Fadens kleine Hölzchen als Führungsstäbchen befestigt. Auf die untere, horizontale Leiste wurde aus dem Punkte des Ohrs ein Kreisbogen (von 36 Centim. Radius) aufgetragen; die von einem aus dem Öhre fallenden Lothe getroffene Stelle wurde mit Null bezeichnet, rechts und links aber wurden die von den im Öhre sich drehenden Fäden zu durchlaufenden Winkelgrade genau verzeichnet und eine weitere Theilung zum Ablesen von $\frac{1}{10}$ Graden eingefügt. — Dieser Winkelmesser wurde 5 Meter von dem grossen schwarzen Dreiecke, und diesem parallel gegenüber, aufgestellt; eine das grosse Dreieck in seiner Mitte rechtwinklig treffende Linie traf ebenso auch die Mitte des von den Seidenfäden umschlossenen Raumes, in welchen mein Auge das Bild des grossen Dreiecks fallen sah. Die Entfernung meines Auges vom Goniometer betrug in mittlerem Mafse 30 Centimeter. Es war sehr leicht, die Fäden mittelst der Führungsstäbchen in solche Stellung zu bringen, dafs dieselben, je nachdem das Auge sich abwechselnd ein wenig näherte oder entfernte, die Ränder der schwarzen Figur bald deckten, bald parallel begrenzten. Es konnten in der den Fäden zu gebenden Stellung keine grossen Schwankungen eintreten, indem für's Erste die Ränder der schwarzen Figur auch keine Spur einer Ausbuchtung zeigten; für's Zweite aber der zu messenden Figur eine solche Gröfse gegeben war, dafs die Fäden in einer Länge von 12 Centim. sich anlegen konnten. — Gegen das Ende der Messungen, als die Irradiation für mein Auge stärker geworden war, mußte das Auge etwas mehr entfernt werden, um die nun immer kleiner erscheinende schwarze Figur von den Fäden umschlossen zu sehen.

Schreiten wir nun zu den Messungen. Ein zuverlässiger Gehülfe verzeichnete die gefundenen Winkelgrade; es wird noch bemerkt, dafs die Graduierung meinem Auge unzugänglich war, indem dieselbe sich auf der Rückseite des Apparates

befand. Nach jeder Messung wurden die Fäden verschoben und das Auge wegbewegt, so dafs bei jeder folgenden Messung ganz von Neuem begonnen wurde. Die Resultate waren:

1te Messung.	Linker Faden	15°	rechter Faden	$15\frac{3}{10}^{\circ}$	Winkel	$30\frac{3}{10}^{\circ}$
2te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{3}{10}^{\circ}$
3te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{3}{10}^{\circ}$
4te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{3}{10}^{\circ}$
5te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{4}{10}^{\circ}$
6te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{4}{10}^{\circ}$
7te	"	"	$14\frac{8}{10}^{\circ}$	"	"	15°
8te	"	"	$14\frac{5}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{3}{10}^{\circ}$
9te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{3}{10}^{\circ}$
10te	"	"	$14\frac{7}{10}^{\circ}$	"	"	$15\frac{2}{10}^{\circ}$

Diese Resultate besitzen eine sehr grosse Uebereinstimmung. Die 2., 3., 4. und 9. Messung sind als in allen Stücken gelungen anzusehen. Die Schwankungen, welche in den übrigen vorkommen, sind verzeihliche und den Verhältnissen nach nothwendige Mefsfehler, indem der Faden, welcher 12 Centim. von seinem Drehungspunkte entfernt die Basis des schwarzen Dreiecks tangirte, noch 24 weitere Centimeter bis zu dem Gradbogen hatte und leicht um einige Zehntelgrade abweichen konnte.

Der Winkel des schwarzen Dreiecks blieb also *unverändert* unter dem Einflusse der benachbarten Irradiationen, während das schwarze Dreieck längs jeder seiner Seiten (vgl. Figur 43, bei a c) einen Streifen von 5 Centim. Breite durch Irradiation verlor. —

Eine Wiederholung der Messungen bei einer Beobachtungsweite von 10 Metern ergab ganz analoge Resultate.

§. 42.

Noch schlagender vielleicht, als der vorstehende Versuch, den ich mit der bestimmten Erwartung, nichts Abweichendes

*) Man sieht aus diesen Zahlen, dafs die Mittellinie des Gradbogens mit dem Lothe der schwarzen Figur nicht ganz parallel verlief, was indessen, da der Apparat sonst vollkommen senkrecht stand, als durchaus unschädlich kaum der Erwähnung bedarf.

zu finden, aber dennoch, um ihn nicht unterlassen zu haben, anstellte, sind folgende, leicht auszuführende Beobachtungen.

Die Linien des irradiirenden weißlinigen Dreiecks Fig. 24 a (Taf. IV) nehmen an Breite nicht ab, je näher ihre Nachbarschaft wird, sie werden nicht spindelförmig. —

Kreisrunde Oeffnungen, welche in einiger Entfernung von einander in ein Kartenblatt gestochen wurden, zeigen bei Irradiation, sowohl diesseits, als jenseits der Sehweite, reine Kreislinien (Dasselbe thun weiße Kreisflächen auf schwarzem Grunde). Schließt man die eine Oeffnung des Kartenblattes, so wächst die andere in ihrer Irradiation um Nichts. Beides könnte nicht stattfinden, hätten die benachbarten Irradiationen einander Eintrag gethan. —

§. 43.

Wie kommt es aber, daßs schmale, dunkle Objecte auf hellem Grunde sich in Entfernungen sichtbar erhalten, bei welchen man erwarten sollte, daßs sie durch Irradiation verschwinden müßten (Vgl. Taf. V, Fig. 34)? Beschäftigen wir uns jetzt mit dieser wunderbaren, unserer Theorie scheinbar widersprechenden Thatsache.

Ich glaube, daßs jene Erscheinung auf einer eigenthümlichen Wirkungsweise der Nerven haut, auf einer besonderen Form von *Contrastwirkung* beruht. Diese Ansicht stützt sich auf eine Reihe von Versuchen, in welchen zweierlei Lichteindrücke theils analogen Netzhautstellen beider Augen, theils einer und derselben Netzhautstelle Eines Auges geboten wurden. Es sei gestattet, ehe wir die Argumentationen Plateau's weiter ins Auge fassen (§. 57), eine Auswahl derjenigen Versuche mitzutheilen, welche zu der eben ange deuteten Ansicht geführt haben.

Versuch I. Man blicke auf ein etwa 3 Zoll hohes, 6 Zoll breites Papier, welches in seiner linken Hälfte schwarz, rechts weiß ist (Taf. VI, Fig. 44) und lasse Doppeltsehen eintreten — wir wählen das weniger anstrengende, rechts

und links umtauschende Doppeltsehen*) — so sieht man zwischen einer entschieden schwarzen und einer entschieden weissen Partie (s s und w w, Fig. 45) einen schwarz in Weifs schattirten Streifen s w. Dieser Streifen wird vermittelt durch ein weisses Netzhautbild des rechten und durch ein schwarzes Netzhautbild des linken Auges; für jede von Weifs berührte Netzhautstelle des einen Auges hat die analoge des anderen Auges Schwarz. Es wird auch, wenn ich so sagen darf, quantitativ ebensoviel Schwarz percipirt, als Weifs; aber die Eindrücke mischen sich nicht zu einem gleichmässigen Mittelton: an den Grenzen des durch zwei Retinen gesehenen Weifs herrscht in dem Felde s w das Schwarze vor, man sieht dort tiefes Schwarz; an den Grenzen des durch zwei Retinen gesehenen Schwarz herrscht das Weisse vor, man sieht dort reines Weifs.

Versuch II. Man nehme nun ein zweites, ganz schwarzes Papier zur Hand und schiebe dasselbe von rechts her bis über die rechte Grenze des Feldes s w, das heisst so weit vor, dafs das links stehende (vom rechten Auge gelieferte) Doppelbild des Bedeckungsblattes den Rand des rechtsstehenden (vom linken Auge gelieferten) Doppelbildes des schwarzen Feldes überschreitet, wodurch das Object in Wirklichkeit die Gestalt von Fig. 46 gewinnt, so verbreitet sich in dem Augenblicke, wo das schattirte Feld s w durch das Bedeckungsblatt berührt wird, über ersteres ein gleichmässiger Ton; nicht aber ein Mittelton von Schwarz und Weifs, sondern der Streifen erscheint weifs und beinahe so hell, als ob beide Retinen von Weifs berührt wären (Fig. 47 und 48). Je schmaler der weisse Streifen durch weiteres Verschieben des Bedeckungsblattes wird, um so gröfser seine Helligkeit. Schiebt man das Bedeckungsblatt wieder zurück, so nimmt die Helligkeit ab, es erhält sich aber ein gleichmässiger Ton, bis zu dem Momente, wo das Bedeckungsblatt die rechts

*) Beruhend auf Verkleinerung des Sehaxenwinkels. — Dieselben Erscheinungen zeigt das rechts und links beibehaltende Doppeltsehen.

stehende Grenze des Streifens wieder verläßt, mit welchem Momente von dort aus eine schwarze Färbung bis gegen die Mitte des Streifens hereinzufliessen scheint, welche nach innen zu mehr und mehr abbläst, so dafs in Bezug auf den Streifen *s w* der ursprüngliche Anblick von Fig. 45 wiederhergestellt ist.

Versuch III. Wählt man statt des schwarzen ein weisses Bedeckungsblatt und schiebt dasselbe von links her über die linke Grenze des Streifens *s w* (Fig. 49), so vertauscht derselbe sein schattirtes Ansehen mit einem gleichmäfsigen Schwarz und der Versuch ergiebt weiterhin ganz die analogen Resultate, wie Versuch II.

Wir sehen mithin denselben Streifen *s w* bald schwarz, bald weifs, bald schwarz in Weifs schattirt, je nachdem derselbe entweder beiderseits von Weifs, oder beiderseits von Schwarz, oder links von Weifs, rechts von Schwarz benachbart ist; der Versuch I. (Fig. 45) ist gewissermafsen eine Combination der Versuche II und III.

Ganz die nämlichen Resultate erfolgen, wenn in den beiden letzten Versuchen statt des schwarzen oder weissen Bedeckungsblattes ein blaues, rothes, gelbes oder beliebig gefärbtes Blatt gewählt wird, welches dann für die rechte, wie für die linke Seite des Objectes gebraucht werden kann; ganz die analogen Resultate, wenn das Object aus Versuch I, statt aus Schwarz und Weifs, aus Schwarz und Blau, oder aus Blau und Weifs, oder aus Roth und Gelb u. s. w., zusammengesetzt wird. So kann das zwischen einem blauen und einem rothen Felde durch Doppeltsehen entstehende Zwischenfeld roth gemacht werden durch ein von der rothen Seite her vorgeschobenes schwarzes, weisses, graues, heller oder dunkler blaues, heller oder dunkler rothes, gelbes, grünes, violettes, orangefarbiges oder braunes Bedeckungsblatt; dasselbe Zwischenfeld wird blau, durch Verschiebung jener Bedeckungsblätter über die blaue Seite.

§. 44.

Die beobachteten Erscheinungen lassen sich in folgenden Satz zusammenfassen:

Werden analoge Netzhautstellen beider Augen gleichzeitig von verschiedenem Lichte berührt, so bevorzugt die Perception denjenigen Factor des Mischreizes, von welchem die Nachbarschaft jener Netzhautstellen frei ist.

Das Gesetz, nach welchem die geschilderten Erscheinungen sich richten, dürfte das folgende sein :

Wird eine Netzhautpartie des einen Auges von einem gleichmäßigen, ununterbrochen fortlaufenden Lichteindrücke berührt, während innerhalb der analogen Partie der anderen Netzhaut ein Eindruck sich abschneidet, so herrscht in der Auffassung jener abbrechende Eindruck vor; und dies entweder gleichmäßig über den ganzen Raum seines Netzhautbildes hin : wenn die analoge Partie der anderen Netzhaut von einem gleichmäßigen Eindrücke überbrückt ist; oder nur längs des abbrechenden Randes : wenn ein gleichmäßiger Eindruck die jenem Rande analoge Partie der anderen Netzhaut nur von einer Seite her überragt.

Fragen wir endlich nach der Grundursache dieser Erscheinungen, so liegt dieselbe in dem Wettstreite der Sehfelder, oder vielmehr in denjenigen Organisationsverhältnissen unseres Seh- und Seelenorgans, nach welchen zweierlei Lichteindrücke, von denen jeder ein Auge gesondert trifft, durch zwei Retinen niemals zur Auffassung eines gleichmäßigen, den beiden Factoren entsprechenden Mitteltones vereinigt werden können. Das Centralorgan des Gesichtsinnes hat für die Außenwelt zwei Boten, durch die es naturgemäfs in jedem einzelnen Falle einerlei Nachricht erhält; bringen ihm diese Boten einander widersprechende Nachricht, so weifs das Centralorgan nicht, auf welchen es hören soll, und es entsteht der Wettstreit der Sehfelder. Der Wettstreit der Sehfelder kann an jeder Stelle des gemeinschaftlichen Sehfeldes zu Gunsten des einen oder des anderen der beiden Lichteindrücke aufgehoben werden, indem wir durch unseren Willen dem einen oder dem anderen Lichteindrücke unsere Aufmerksamkeit zuwenden. In gleicher Weise wird der

Wettstreit aufgehoben — und dies selbst gegen die Wahl unseres Willens — wenn eines der Netzhautbilder die Veranlassung, unsere Aufmerksamkeit ihm zuzuwenden, in sich selber trägt. Man könnte nun vermuthen, daß ein helles Netzhautbild, mit einem dunklen concurrirend, im Vorthail sein müßte; doch sahen wir im Streifen s w (Fig. 45), daß dieses nicht der Fall ist. Findet sich aber in einem Netzhautbilde eine Contour (woran eine Beleuchtungsverschiedenheit nothwendig geknüpft ist), so wendet sich dieser die Aufmerksamkeit zu, und der Wettstreit der Sehfelder ist gebannt in der jener Contour entsprechenden Region des aufgefaßten Bildes *). Deutet a in Fig. 56 (Taf. VII) das Bild der einen, b dasjenige der anderen Netzhaut an, während durch c (absichtlich ohne Umkehrung gezeichnet) das aufgefaßte Bild dargestellt werden soll, so sind die beiden in den Netzhautbildern a und b sich findenden Contouren Dasjenige, welches die Aufmerksamkeit des Centralorgans auf sich zieht. In m wird das Netzhautbild b bevorzugt, in o das Netzhautbild a; in n haben beide Retinen gleichen Anspruch auf die Theilnahme des Centralorgans, denn n liegt in der Mitte der beiden Klippen, an denen der Wettstreit der Sehfelder sich bricht. — Auf diese Weise erklärt sich die Schattirung in dem Zwischenfelde s w der Fig. 45.

Warum aber, wenn wir im vorigen Falle die ineinandergreifenden Bilder ihre Ränder hervorheben sahen, siegt in

*) Sind beide Sehfelder sehr reich an Contouren, zumal bei ähnlicher Anordnung derselben, so hören die Contouren auf, für die Aufmerksamkeit des Sehorgans in der Art das Bestimmende zu sein, daß eine und dieselbe Contour auf längere Zeit festgehalten würde und es erfolgt Sehfelderwettstreit. Das durch Doppeltsehen entstehende Zwischenfeld bei einem horizontal und einem senkrecht gestreiften Zeuge (Fig. 50) zeigt abgebrochene, senkrechte und horizontale Linien; die Anordnung dieser Fragmente in beständigem Wechsel, nirgends aber deutliche Kreuzungen, weil niemals je zwei analoge Netzhautstellen zugleich zur Wirkung gelangen. Immer aber wechseln die Retinen bei einem Objecte, wie in Fig. 50, in senkrechten und Horizontallinien ab (nicht etwa in Kreislinien); die Begrenzungen richten sich nach dem Objecte. —

Mehreres Andere der Art muß hier übergangen werden.

Fig. 59 die Region m o der Netzhaut b über die ganze Ausdehnung des ihr in a analogen Netzhautbildes? Warum macht sich gegen den Lichteindruck der Region n, die doch von m und von o wohl einige — »Wettstreitwogen« entfernt sein mag, die analoge Region der Netzhaut a nicht einigermaßen geltend? — Zunächst tritt ein derartiges Verhalten, wie durch den Versuch leicht darzuthun, wirklich dann ein, wenn das überbrückte Bild eine gröfsere Ausdehnung hat, so dafs die Aufmerksamkeit nicht über das ganze überbrückte Bild gleichmäfsig wach sein kann. Dafs aber das überbrückte Bild in der Regel über seine ganze Ausdehnung hin zum Siege kommt, scheint hauptsächlich auf Continuitätswirkung zu beruhen. Da die in einerlei Sinne gereizten Netzhautpartien m und o zur vorzugsweisen Perception gelangen, so widerfährt ein Gleiches den zwischen ihnen liegenden Theilen; wie sollten auch in der Zusammenfassung zweier contourlosen Bilder Contouren auftreten? Dafs aber in unserem Versuche Continuität wirklich zur Mitwirkung komme, zeigt besonders auch der Wettstreit der Sehfelder; bei ihm ist Continuitätswirkung die Ursache, dafs nicht in unvermittelten Uebergängen hier ein blaues, dort ein gelbes Bruchstück im gemeinsamen Sehfelde erscheint, sondern das Phänomen stellt sich in der uns bekannten, wundervollen Weise dar, indem das Seelenorgan eine Partie a b der einen Netzhaut von a nach b hin in demselben Momente abhört, in welchem es die analoge Partie der anderen Netzhaut von b nach a hin zur Wirkung kommen läfst *).

§. 45.

Verweilen wir noch einen Augenblick bei unseren Doppeltsehversuchen. Einige Abänderungen derselben mögen die Richtigkeit der ausgesprochenen Sätze prüfen. Die Einfügung

*) Ob die Bezeichnung »Contrastwirkung« für unsere Erscheinung besonders glücklich gewählt ist, mag ich nicht entscheiden; ich würde, wenn man der gegebenen Darstellung und dem Erklärungsversuche beipflichtete, auf den Namen keinen Werth legen.

einiger mit Plateau's Theorie auch nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehender Bemerkungen möge gestattet sein. —

Bei der seitherigen Anordnung unseres Versuchs nahm der durch Contrast hervorgehobene Eindruck im Vergleich mit seiner Umgebung stets einen beschränkten Theil des Sehfeldes ein; man könnte darum vermuthen, es komme hier — wie bei der ganz gewöhnlichen, allgemein bekannten Art der Contrastwirkung, durch welche ein grauer Fleck auf weißem Grunde dunkel, auf dunklem Grunde hell erscheint — wesentlich an auf das räumliche Uebergewicht des Grundes. Die folgende Anordnung unseres Versuchs zeigt, daß die in Rede stehende Erscheinung durch die Qualität der Umnachbarung, keineswegs aber durch die räumliche Ausdehnung der Nachbarfelder oder des Grundes bedingt ist.

Auf ein großes, gelbes Papier befestige man zwei blaue Streifen, b c (Fig. 51, Taf. VI), von 2 Par. Lin. Breite und 10 Lin. gegenseitigem Abstände. Ein dritter blauer Papierstreif, A, von 12 Lin. Breite, wird nun, während Doppeltsehen eintritt, von der linken Seite her in diejenige Stellung geschoben und fortwährend so regulirt, daß sein rechts liegendes Doppelbild A' mit seinen senkrechten Rändern in die Doppelbilder b und c der schmalen Streifen fällt, und mithin der zwischen diesen befindliche gelbe Zwischenraum von dem ununterbrochen fortlaufenden blauen Bilde überbrückt ist. Jener Zwischenraum A' erscheint dann gelb, durch Contrastwirkung, wiewohl Gelb die im Sehfelde quantitativ vorherrschende Farbe ist. Es ist also nicht das Uebergewicht des Grundes, wovon diese Erscheinung abhängt, sondern sie richtet sich nach den soeben aufgestellten Grundsätzen. — Dem im Doppeltsehen Ungeübten gelingt es nicht, das Doppelbild A' fortwährend in der geeigneten Lage zu erhalten; das Resultat wird über alle Zweifel erhoben, wenn der Streifen A und andererseits die Streifen b c auf zweigetrennte Tafeln angebracht und stereoskopisch verbunden werden. —

Wird die Zeichnung der dem Doppeltsehen unterworfenen Objecte einigermaßen complicirt, so ist es oft schwer, sich über die Entstehungsweise der auftretenden Töne und Schattirungen sogleich Rechenschaft zu geben. Schon die einfache Fig. 44 (Taf. VI) zeigt in ihrer Verwandlung Fig. 45 einiges Besondere, welches aber im genauesten Einklange steht mit der gegebenen Theorie. Das Feld *s w* (Fig. 45) und ebenso das sich ihm gleichverhaltende, unbezifferte Feld auf der linken Seite von *s s*, haben überall da, wo sie an binoculäres Weiß grenzen, einen schwarz auslaufenden Rand; doch verliert sich derselbe in der Nähe der Ecken *a* und *b*: die Ecken des schwarzen Feldes *s s* heben in dem sie umgebenden Mischtone dasjenige Element heraus, welches ihnen selbst fehlt und sind darum (wie das schwarze Feld überhaupt) weiß umnachbart.

Besonders verwickelt werden die Verhältnisse bei Fig. 1 (Taf. I), wenn dieselbe, in der von Plateau angegebenen Gröfse, diagonal in das Sehfeld gelegt und dem Doppeltsehen unterworfen wird. Fig. 52 (Taf. VII) entspricht einem Ausschnitte aus der Mitte des sich zeigenden Bildes. Zur Orientirung dient es hier, wie in allen ähnlichen Versuchen, wenn das Object in doppelten Exemplaren, die durch die Art ihrer Schraffirung zu unterscheiden sind, auf durchsichtiges Papier entworfen wird; die verschoben aufeinandergelegten Blätter (vgl. auch Taf. VI, Fig. 48 und 49) entsprechen den mit ihren analogen Regionen aufeinanderliegend gedachten Netzhäuten. Fig. 53 (Taf. VII) giebt sogleich Aufschluß über die sehr combinirten Contrastwirkungen unseres Objectes. Die Felder *S S*, *S W* und *W W* der Fig. 52 entsprechen den Feldern *s s*, *s w* und *w w* von Fig. 45. Der durch die Felder *W W* dunkel gemachte Rand *d d* (Fig. 52) enthält zwei bleiche Stellen, indem der binoculär schwarze Streif *s s* in seiner nächsten Umgebung das Weiße heraushebt; es finden sich im Rande *d d* zwei besonders dunkle Stellen, indem der Streifen *w w* der Wirkung von *W W* noch zu Hilfe kommt. Ganz analoge Verhältnisse finden sich im Rande *h h*; doch ist hier die neben *s s* stattfindende Hebung des Weissen

minder deutlich, als im Rande d d die Verstärkung des Schwarzen. Zwinkern mit dem rechten (das Weiß in den Feldern S W liefernden) Auge macht den Unterschied deutlich. — Interessant ist eine combinirte Contrastwirkung, die in den Streifen 2 und 3 (Fig. 52) sich geltend macht. Die Streifen 1 und 2 erscheinen weiß durch den Einfluss der benachbarten großen schwarzen Felder, aber in 2 zeigt sich nach dem binoculär weißen Streifen w w hin ein schwarzer Anflug; ebenso hebt der Streifen s s, dem Einflusse der Felder W W zum Trotze, in dem schwarz scheinenden Streifen 3 auf eine Strecke hin das Weiße heraus. —

Sehr anziehend ist folgende Anordnung unseres Versuchs. Eine rothe Oblate, auf einem weißen Papiere doppelt gesehen, erscheint lebhaft roth; das Weiß des Grundes wird in so hohem Grade vernachlässigt, daß das Papier an zwei Stellen von Oblaten vollständig verdeckt scheint. Legt man die Oblate aber auf bedrucktes Papier, so scheinen ihre Doppelbilder fast über ihre ganze Fläche hin durchsichtig. Nur an ihrem Rande zeigen sie Roth: die der Umgebung fehlende Farbe; die Buchstaben werden tief schwarz gesehen: sie sind von dem fortlaufend rothen Bilde überbrückt; das Roth im Inneren der Oblate aber wird vernachlässigt und die Buchstaben stehen in Weiß, weil jeder einzelne Buchstabe in seiner Umgebung das Weiße hervorhebt.

§. 46.

Wählt man farbige Objecte, so zeigen sich die Contrastwirkungen weit ausgeprägter, als bei Schwarz und Weiß. Blau und Gelb, aber auch Schwarz und Roth, oder Schwarz und Gelb, zeigen sich besonders günstig. Man sieht namentlich auch bei blau und gelbem, minder deutlich bei blau und rothem Objecte, daß eine gleichmäßige Mischung zu Grün oder Violett (wie bereits oben ausgesprochen) niemals zu Stande kommt. Das Analogon des Streifens s w (Taf. VI, Fig. 45) trägt bei Anstellung des Versuchs mit buntem Objecte an seinen Rändern die Farben getrennt und vollkommen rein; zwischen beiden findet sich eine Schattirung, in deren

Mitte beide Farben gleichmäfsig ineinandergemischt sind, ohne dafs jede der beiden Farben ihre vollständige Wirkung gefunden hätte und ohne darum jemals den Effect zu bieten, welcher durch Mischung auf der Palette erzeugt wird.

Stellt man den Versuch II mit schwarz und weifsem Objecte und von rechts her vorgeschobenem grünem Bedeckungsblatte an, so dafs ein Anblick, ähnlich wie Fig. 47 (Taf. VI), entsteht, während Fig. 54 a und b (Taf. VII) die beiden Netzhautbilder, Fig. 54 c das aufgefafste Bild andeutet, so hat man in dem Abschnitte 1 (Fig. 54 c) ein schwarzes, in 5 ein grünes, in 3 ein grün in Schwarz schattirtes Feld. Die Felder 2 und 4 erscheinen weifs, durch Contrastwirkung; aber dieses Weifs hat nicht einerlei Ton; das grün überbrückte Feld 4 zeigt, mit dem Felde 2 verglichen, einen wiewohl blaffen, doch unverkennbaren Anflug von Grün. Der fortlaufende Eindruck wird demnach — wie schon bei Versuch II angedeutet — immer nur bis auf mehr oder minder merkliche Spuren vernachlässigt, und es zeigt uns der vorliegende Versuch in jenem Durchleuchten des überbrückenden Eindruckes den höchsten Grad der durch zwei Retinen zweien Lichteindrücken werdenden Vermischung. —

Wählt man ein links blaues, rechts grünes Object und schiebt von der grünen Seite her ein gelbes Bedeckungsblatt vor (Taf. VII, Fig. 55), so hat man in 1 ein binoculär blaues, in 5 ein binoculär gelbes Feld; in 3 eine Schattirung: Gelb, Gelbblau, Blau. Das Feld 2 (grünes und blaues Netzhautbild) zeigt die den beiden Nachbarn fehlende Farbe: Grün; das Feld 4 (grünes und gelbes Netzhautbild) thut dasselbe. Das Feld 2 kann die Beimischung von Blau, das Feld 4 die Beimischung von Gelb nicht ganz verleugnen; aber nicht etwa kehrt das Feld 2 dem blauen Nachbar eine Spur des in seinem Grün enthaltenen Gelb zu, nicht dem gelben Nachbar eine Spur seines Blau, sondern das ganze Feld erscheint gleichmäfsig grün. In gleicher Weise das Feld 4. — Die verschiedenen Farben vermögen sich von einer Netzhaut auf die andere weder gleichmäfsig zu verbinden, noch auch contrastiren sie miteinander in der Weise, wie bei gewissen

anderen Versuchen gewisse Farben einander rufen. Jede Farbe wirkt als ein eigenthümlicher, für sich gehender Reiz; keine Grundfarbe zeigt eine Neigung, sich mit der anderen zu vermischen, keine Mischfarbe giebt auf irgend eine Weise ihre Composition und Verwandtschaften zu erkennen. — Vermöchten zwei Retinen verschiedene Eindrücke in der Weise zu Einem zu verbinden, wie eine und dieselbe Netzhaut in vielen Fällen dieses thut, so hätte man nach den bei der Irradiation gemachten Erfahrungen vielleicht vermuthet, daß in allen seitherigen Versuchen das durch ein helles und ein dunkles Bild entstehende Mischbild sich stets zu Gunsten des helleren Bildes entscheiden würde, was aber, wie oben bereits bemerkt, keineswegs der Fall ist *). —

Ich finde, um dies beiläufig zu erwähnen, in dem Verhältnisse, daß durch zwei Retinen zweierlei Lichteindrücke unter keiner Bedingung zu einem gleichmäßigen Mittelton vereinigt werden können, einen Hauptgrund des normalen Einfachsehens und des nicht verloren gehenden Einfachsehens bei raschem Hin- und Herbewegen des Gesichtes gegen ein aus nahen und fernen Gegenständen gebildetes Gesichtsfeld. Blickt man auf ein Dambrett (dessen Felder nicht allzu groß sind) und läßt Doppeltsehen eintreten, so verschieben sich die Felder so lange, bis Schwarz auf Schwarz fällt; die Augen, vermöge ihrer Tendenz, mit analogen Nervenenden gleichartige Eindrücke aufzufassen, kommen nicht eher zur Ruhe, und man hat ein Gefühl von Schwindel und Flimmern, bis jenes geschehen ist. Hebt und senkt man nun den Kopf, selbst in sehr rascher Bewegung, so schließt und öffnet sich der Sehwinkel (was man, ohne den Versuch, kaum glauben sollte) stets in dem erforder-

*) §. 50 und 51 wird eine Reihe von Fällen verzeichnet, in welchen auch eine und dieselbe Netzhaut zweierlei Lichteindrücke nicht gleichmäßig zu vermischen vermag, während dieses Letztere in anderen Fällen unleugbar vollständig geschieht, ohne daß die Bedingungen mir klar sind, an welche dieses verschiedenartige Verhalten geknüpft ist. §. 76 und 77 kommen diese Verhältnisse näher zur Sprache.

lichen Masse, um die Coincidenz der Felder fortwährend beizubehalten: gerade so, als ob die Sehaxen, wie beim normalen Sehen, in der Entfernung des Bildes sich schnitten und die bekannten Bedingungen stattfänden, von welchen man das normale Miteinandergehen der einfach sehenden Augen gewöhnlich herzuleiten pflegt.

§. 47.

Ob die Contrastwirkung den einen Factor des Mischreizes — soweit das Auge dies zu beurtheilen vermag — völlig unterdrückt, oder ob der vernachlässigte Factor dennoch einigermaßen zur Mitwirkung kommt, hängt, wie schon angedeutet, hauptsächlich von der Gröfse der Netzhautpartie ab, über welche der in Frage stehende Effect sich erstrecken soll. (Vgl. Versuch II.)

Ein sehr gewöhnliches Beispiel unserer Erscheinung sind die beim Doppeltsehen sich schwarz erhaltenden Buchstaben. Die Buchstaben (vgl. Taf. VI, Fig. 49) bilden meist so schmale Streifen, dafs die Schwärze der doppeltgesehenen von derjenigen der normal gesehenen nicht zu unterscheiden ist. — Oblaten aller Farben, auf eintönigem Grunde doppelt gesehen, zeigen ihre Farben so rein und kräftig, dafs kaum ein Unterschied gegen das normale Sehen auffällt; es wäre diefs, sowie dafs kein Wettstreit der Sehfelder eintritt, unerklärlich, ohne Annahme der von mir behaupteten Thätigkeitsweise der Nervenhaut *).

Legte ich zwei schwarze Streifen von mehr als Zollbreite auf ein weifses Papier senkrecht und in solche Entfernungen nebeneinander, dafs beim Doppeltsehen drei schwarze Streifen erscheinen, deren mittlerer durch zwei schwarze Netzhautbilder bedingt ist, so fand ich auch hier in der Schwärze keinen Unterschied, wiewohl die Netzhautbilder, bei sehr geringer Sehweite, schon beträchtliche Flächen einnahmen.

*) Gewöhnlich lehrt man — vollkommen unrichtig und wie es scheint, mehr aus theoretischen Gründen, als nach genauer Beobachtung — die Doppelbilder zeigten sich bläfsen.

Wählt man weisse Streifen auf schwarzem Grunde, so zeigt der mittlere eine deutlich überwiegende Helligkeit. — Schon einige der früheren Versuche ergaben den Unterschied in der Färbung der Doppelbilder, jenachdem dieselben von dem einen oder dem anderen Lichteindrucke überbrückt sind, und es zeigt sich dieser Unterschied unter Umständen selbst bei sehr schmalen Objecten. Trennt man ein schwarzes und ein weisses Feld durch eine Reihenfolge von ziemlich schmalen, verschiedenfarbigen Streifen, so dafs zwischen den Doppelbildern der beiden Gruppen ein schmales, weifs in Schwarz schattirtes Zwischenfeld noch Raum findet, so zeigen die weifs überbrückten Streifen eine deutlich andere Nüancirung, als die schwarz überbrückten; diese Unterschiede werden aus naheliegenden Gründen noch gröfser, wenn die Ueberbrückung, statt durch Schwarz und Weifs, durch farbige Blätter geschieht. Besitzt ein durch Contrastwirkung eintönig erscheinendes Bild eine nicht allzubedeutende Ausdehnung, liegen mithin die Netzhautpartien, welche das durch Contrast herauszuhebende Bild einschliessen, nicht allzuweit auseinander, so ist der Effect der Contrastwirkung gleichmäfsig und unwandelbar, während bei entgegengesetzten Verhältnissen ein gewisser Grad von Sehfelderwettstreit dann zumal eintritt, wenn das Object längere Zeit betrachtet wird und die Netzhaut ermüdet.

§. 48.

Betrachten wir noch eine eigenthümliche, unsere Versuchsreihe wesentlich vervollständigende Erscheinung.

Es giebt, wie wir bereits gesehen und hier kurz wiederholen müssen, sehr verschiedene Anordnungsweisen der Netzhautbilder, vermöge deren zwei für analoge Netzhautstellen verschiedene Lichteindrücke sehr verschiedene Wirkungen bedingen. Zunächst zu nennen ist diejenige Anordnung, bei welcher der Wettstreit der Sehfelder auftritt. Der Wettstreit ist am Lebhaftesten, wenn den Augen grofse, contourlose Flächen geboten sind; wenn z. B. das Stereoskop zwei eintönige aber verschiedenfarbige Blätter enthält. Der

Streit der Sehfelder wird aufgehoben durch das Zustandekommen der Contrastwirkung, indem diese entweder der einen Lichtart den Sieg verleiht, oder jedem der beiden Reize einen Raum anweist, in welchem er sich ungestört entfalten kann. Eine rein blaue Fläche, die einen schmalen gelben Fleck oder Streifen enthält, stereoskopisch combinirt mit einer ganz gelben Fläche, zeigt lebhaftes Durcheinanderwogen der beiden Farben; um den gelben Streifen aber hat die Contrastwirkung eine blaue Umsäumung fixirt, die dem Wettstreite nicht unterworfen ist. — Gedenken wir ferner derjenigen Anordnungsweise der Objecte, wie in Versuch I (§. 43), so zeigt Taf. VII, Fig. 56, sowie 57 und 58, in a und b die beiden Netzhautbilder, in c das aufgefaßte Bild. Das Gemeinsame, wie wir sahen, ist hier, daß ein und derselbe Eindruck, der bis zu einer gewissen Grenze auf beiden Retinen analoge Regionen deckt, auf der einen Netzhaut abbricht, während er auf der anderen noch eine Strecke weiter sich fortsetzt. An der Stelle des Bildes, welche dem auf der einen Netzhaut sich neu eindrängenden, fremdartigen Eindrücke entspricht, wird dieser letztere vorzugsweise aufgefaßt. — Bei Figg. 59, 60 und 61 endlich (Versuch II und III des § 43) findet sich in der Netzhaut a eine Region, deren analoge des anderen Auges von einem herauszuhebenden Eindrücke berührt ist, von einem ununterbrochen fortlaufenden Eindrücke überbrückt. Wir sehen also: sollen die Bilder einer Netzhaut (die Abwechselungen ihrer Lichteindrücke) zu möglichst ungetrübter Wahrnehmung kommen, während die andere Netzhaut, statt *dasselbe* Bild zu bieten, einen abweichenden Eindruck bringt, so ist es nöthig, daß diese zweite Netzhaut in der den zu rettenden Bildern und deren Umgebung entsprechenden Region keine Abwechselungen des Lichteindruckes enthält, sondern einen ununterbrochenen Eindruck; dieser letztere wird dann von dem die Eindrücke zusammenfassenden Centralorgane ignorirt, und dies um so vollkommener, je geringer seine räumliche Ausdehnung ist.

Ganz eigenthümlich, wie sich nach der vorausgegangenen Betrachtung a priori vermuthen läßt, muß nun die Wirkung sein, wenn an der Stelle, wo auf der einen Netzhaut ein Eindruck abbricht, auch *auf der anderen* Netzhaut ein Eindruck zu Ende geht; wenn z. B. auf beide Retinen das Bild eines zur Hälfte weißen, zur Hälfte schwarzen Objectes in der Weise trifft, daß die eine Netzhaut das Bild der schwarzen Hälfte da erhält, wo die zweite Netzhaut ein weißes hat, während die Linie, in welcher beide Eindrücke sich kreuzen, genau auf analoge Netzhautstellen trifft (Fig. 62). Keine der beiden Retinen kann hier zu einer reinen Auffassung ihrer beiden, aneinandergrenzenden Eindrücke gelangen und ein weißes und schwarzes Bild unterscheiden; denn die Netzhaut des anderen Auges hat in der auf jene Eindrücke wirkenden Region keinen gleichförmig fortlaufenden, nach unserer Annahme indifferenten Eindruck. Aber kann vielleicht die Spaltung jedes der beiden Bilder überhaupt ignorirt werden? Die Netzhautbilder in Figg. 62, 63 und 64 sind sämtlich so eingerichtet, daß, wenn ungleiche Lichteindrücke analoger Netzhautstellen sich gleichmäßig verbinden könnten, ein durchaus gleichförmig graues, contourenloses Bild entstehen müßte; niemals aber wird ein Eindruck, der auf einer Netzhaut in einer bestimmten Grenze endet, jenseits welcher er auf der anderen Netzhaut sich fortsetzt, zu einem gleichmäßigen Continuum zusammengefügt. Die beiden Retinen unterstützen sich also darin, bei dem Objecte von Fig. 62 in der Mitte des Sehfeldes eine Trennungslinie aufzufassen; in Bezug auf den aufzufassenden Ton aber werden sie in einen sehr lebhaften Wettstreit versetzt.

Ordnet man die Objecte so an, daß die eine Netzhaut in einer schwarzen Umgebung den inselförmigen Eindruck eines nicht zu großen weißen Bildes genau da erhält, wo die andere von einem schwarzen Bilde in weißer Umgebung getroffen wird (Fig. 63), so entsteht ein sehr überraschender Effect: es ist die von Dove zuerst beobachtete Erscheinung des durch binoculäre Combination verschiedener Lichteindrücke bewirkten Metallglanzes. Dove beobachtete

die Erscheinung bei einem Versuche, in welchem schwarzlinig umschlossene weisse Flächen mit weifslinig umschlossenen schwarzen Flächen stereoskopisch verbunden wurden; ich verweise auf die von Dove gegebene Beschreibung, welche unten, §. 83, sich abgedruckt findet. Besonders instructiv schien mir die durch Doppeltsehen bewirkte Verbindung von Fig. 18a dieser Abhandlung mit einer umgekehrt gefärbten Figur derselben Zeichnung, wie solche in Fig. 65 (Taf. VIII) zur Anstellung gegenwärtigen Versuchs nebeneinandergestellt sind *). Hier zeigen die beiden umrahmten Quadrate den entschiedensten Metallglanz; das mittlere, mit der Umrahmung zusammenhängende Quadrat, sowie diese letztere, zeigt weit schwächeren Glanz.

Dove sucht die Ursache der von ihm entdeckten Erscheinung, sowie des Glanzes überhaupt, in dem Unvermögen des Auges, gleichzeitig zwei verschiedenen Entfernungen accommodirt zu sein, während für schwarze und weisse Bilder eine verschiedene Accomodation erfordert würde. Ich kann dieser Erklärungsweise aus theilweise hier nicht zu erörternden Gründen nicht beistimmen. Wäre die von Dove gegebene Erklärung die richtige, so dürfte der durch binoculäre Verbindung entstehende Metallglanz nur dann eintreten, wenn beide Objecte in einer und derselben Ebene liegen; der Glanz müfste verschwinden, wenn das Object dem Auge genähert oder entfernt wird, was aber keineswegs zu beobachten ist. Man führe die beiden Objecte von Fig. 65 in ungleicher Gröfse aus, so dafs, um Coincidenz der ineinanderfallenden Doppelbilder zu erlangen, die Objecte in ungleiche Entfer-

*) Wird eine Horizontallinie von passender Länge durch Einstellung der Sehaxen für zu grofse Entfernung doppelt gesehen, während wegen Hebung des Kopfes in den Nacken die Augen stark niederwärts blicken, so erscheinen die beiden Doppelbilder nicht in einer geraden Linie, sondern sie bilden nahezu ein V (Dasselbe geschieht, wenn man bei Anlegen des Fingers auf beide Jochbeine die bulbi nach innen und oben drängt). Blickt man auf die Horizontallinie mit geneigtem Kopfe — von unten herauf — so zeigen die Doppelbilder die Gestalt eines Λ . Von der Ursache dieses Verhältnisses hier absehend, werde bemerkt, dafs zum Zustandekommen des im Texte genannten Versuchs die passende Haltung des Kopfes zu wählen ist.

nungen gebracht werden müssen — und man wird den Glanz gerade so wahrnehmen, wie in dem früheren Versuche. —

In dem von Dove beschriebenen Versuche besaßen die Figuren die für die Erscheinung des Glanzes erforderliche Färbung und Contouration; aber Dove giebt nicht an, daß die Erscheinung an eine gewisse Contouration gebunden sei; und nach seiner Theorie, wie nach seinen eignen Worten, müßte die Erscheinung überall da entstehen, wo analogen Netzhautstellen beider Augen überhaupt verschiedene Lichteindrücke geboten sind. Es müßte dann auch in unseren Versuchen I, II und III (§. 43) Metallganz sich zeigen, was aber nicht im Entferntesten der Fall ist. — Es würde endlich bei Dove's Theorie schwer erklärlich sein, warum in Fig. 65 die verschiedenen Felder verschiedene Grade des Glanzes darbieten. Vorzüglich dieses letztere Verhältniß deutet aber auf den Zusammenhang der Erscheinung mit den seither betrachteten Phänomenen. —

Beide Eindrücke der durch Doppeltsehen verbundenen Bilder von Fig. 65 sind für die Perception gleich berechtigt; es fehlt diejenige Anordnung, bei welcher einer der beiden Eindrücke ignorirt werden könnte. Eine dauernde Bevorzugung des einen oder des anderen ist darum unmöglich; einem abwechselnden Siegen — dem Wettstreite der Sehfelder — ist die Nähe der Contouren nicht günstig. Es muß darum Ein gleichmäßiger Ton entstehn. Vermischung zu Grau widerstreitet den Organisationsverhältnissen des Gesichtsinnes : der Effect des besonderen Reizzustandes, in welchen unter diesen Umständen die Retinen versetzt sind, ist die Erscheinung jenes eigenthümlichen Glanzes. Es hat dann nichts Auffallendes, wenn das mittlere, mit der Umrahmung zusammenhängende Feld einen andern Glanz zeigt, als die beiden äußeren, isolirten Quadrate; die Netzhautpartien, welche das erstere tragen, befinden sich in einem andern Spannungszustande, als die Stellen der äußeren Felder. —

Nach Dove tritt der Glanz, »den die Farben bei ihrer stereoskopischen Combination annehmen, in noch viel höherem Grade bei Weiß und Schwarz hervor.« Ich habe mich nicht

überzeugen können, selbst nicht bei Blau und Gelb, die von Dove vorzugsweise genannt sind, daß bei farbigen Objecten ein deutlicher Metallglanz entstünde.

§. 49.

In den seither beschriebenen Versuchen waren die Objecte, deren Doppelbilder combinirt wurden, nicht accommodirt; die Sehaxen schnitten sich in einem dem Auge entfernteren Punkte, die Objecte warfen mithin Zerstreuungskreise. Die seither betrachteten Erscheinungen würden sich aber ganz ebenso verhalten, wenn sie bei stattfindender Accommodation zu Stande kämen, wie dies durch Versuche mit dem Stereoskope leicht zu erweisen ist. Auch hier niemals Verbindung zu dem normalen Mitteltone, auch hier stets Heraushebung desjenigen Eindrucks, welcher der Nachbarschaft fehlt*).

§. 50.

Der weitere Gang dieser Betrachtungen wird durch die Fragen bestimmt: Machen sich jene Contrastwirkungen in gleicher oder analoger Weise auch dann geltend, wenn der Mischreiz nicht durch analoge Netzhautstellen zweier Augen, sondern durch räumlilches Ineinandertreffen auf *einer und derselben* Netzhaut geboten wird? — und weiterhin: In welcher Weise wird in letzterem Falle das Phänomen der Irradiation durch das Phänomen der Contrastwirkung — oder vielmehr umgekehrt, die Contrastwirkung durch die Irradiation, modificirt werden?

*) Die geschilderten Doppeltsehversuche lassen sich sämmtlich, mit analogen Resultaten, stereoskopisch ausführen; die Figg. 54 bis 64 geben Anleitung für die Anordnung der in die Rahmen des Stereoskops einzuschiebenden Tafeln. Ich zog für die meisten Fälle das Doppeltsehen vor; die Objecte sind hier schneller zubereitet, die Handhabung ist bequemer. — Ich habe im Jahre 1849, zum Zwecke der Demonstration des Doppeltsehens, einen ganz ähnlichen Spiegelapparat, wie Wheatstone's Stereoskop, ohne dessen Erfindung irgend zu kennen, construiert; ich kam nicht auf den Gedanken, mittelst dieses Instrumentes das Doppeltsehen bei Versuchen ersetzen zu wollen.

Es giebt — von dem bei Irradiation stattfindenden Ineindertreffen verschiedener Lichteindrücke zunächst abgesehen — eine Reihe von Mitteln, durch die eine Vereinigung zweier Lichteindrücke auf einer und derselben Netzhautstelle bewirkt werden kann; ich beschränke mich hier auf die Jedermann zu Gebote stehenden.

Blickt man mittelst einer Concavbrille ein in seiner oberen Hälfte schwarzes, in seiner unteren Hälfte weisses Papier so an, dafs der obere Theil durch die Brille, der untere mit freiem Auge gesehen wird, so zeigt sich, in Folge der verschiedenen Brechkraft der beiden zur Wirkung kommenden brechenden Medien (der Brille und des freien Auges), ein Zwischenbild zwischen dem schwarzen und dem weissen Theile des Objectes. Die dem Zwischenbilde entsprechende, von zweierlei Eindrücken berührte Netzhautpartie hebt an der Grenze des schwarzen Bildes ihr Weifs, an der Grenze des weissen ihr Schwarz hervor. Führt man gegen das schattirte Zwischenbild — nach Art der früheren Versuche — von der schwarzen Blatthälfte her ein weisses Bedeckungsblatt, so erscheint das Zwischenbild schwarz; es erscheint weifs, wenn ein schwarzes Blatt von der weissen Seite herangeschoben wird.

Dieser Versuch läfst sich, ähnlich wie Versuch II und III, auch mit verschiedenen Farben ausführen. Auch hier findet keine Verbindung der Farben zu ihren Mischungsfarben statt.

Ein in seiner oberen Hälfte schwarzes, unten grünes Papier, dessen beide Hälften durch einen schmalen, horizontalen weissen Streif getrennt sind, zeigt bei unserem Versuche, von oben nach unten genannt, folgende Färbungen :

- 1) das durch die Brille gesehene, grofse schwarze Feld;
- 2) den durch die Brille gesehenen weissen Streifen;
- 3) das grün in Schwarz schattirte Zwischenfeld;
- 4) den mit blofsem Auge gesehenen weissen Streifen;
- 5) das grofse grüne Feld.

Man nehme das Papier so vor sich, dafs der weisse Streifen senkrecht steht und lasse, ohne Anwendung der

Brille , Doppeltsehen eintreten (Fig. 54) : der Anblick wird ganz der nämliche sein.

§. 51.

Ganz ähnliche Resultate ergiebt der Scheiner'sche Versuch. Betrachtet man eine schwarz und weisse Figur durch ein doppelt durchstochenes Stückchen Tabaksblei, so bemerkt man, besonders deutlich bei zu naher Haltung des Objectes, dieselben Schattirungen, wie in Fig. 45. (Dafs durch Hin- und Herrücken des Bleiplättchens oder des Objectes ein Uebergewicht des einen oder des anderen Doppelbildes bewirkt werden kann, beruht auf hier nicht zu erörternden Verhältnissen.) Wählt man ein roth und blaues Object, dessen beide Farben in einer geraden Mittellinie aneinandergrenzen, so zeigt der Scheiner'sche Versuch ein Zwischenfeld, welches nicht, wie in den früheren Versuchen, einfach roth und blau schattirt zu sein, sondern in seinem mittleren Theile wirkliches, durch Mischung der Eindrücke entstandenes Violett zu enthalten scheint; indessen ergiebt sich alsbald, dafs auch hier keine wirkliche Vermischung zu Stande kommt.

Ein rother Streif auf blauem Grunde, durch den Scheiner'schen Versuch doppelt gesehen, zeigt zwei ziemlich rein rothe Streifen; ein blauer Streif auf rothem Grunde zeigt zwei blaue Streifen. Wir kommen zu dem Ausspruche :

Wird eine Netzhautpartie gleichzeitig in verschiedenem Sinne gereizt, so bevorzugt die Perception denjenigen Factor des Mischreizes, von welchem die Umgebung jener Netzhautstelle frei ist.

Verdeckt bei zur Hälfte rothem, zur Hälfte blauem Objecte ein schwarzes Bedeckungsblatt den gröfsten Theil des blauen Feldes, so dafs das Object von links nach rechts folgende Abtheilungen besitzt : rothes Feld, senkrechter blauer Streif, schwarzes Feld, so zeigt der Scheiner'sche Versuch, bei Aufzählung von links nach rechts, folgende Felder (vgl. zur Orientirung die ähnlich angeordneten Netzhautbilder in Fig. 54) :

- 1) rothes Feld;
- 2) blauer Streifen (bewirkt durch ein blaues und ein rothes Netzhautbild);
- 3) schwarz in Roth schattirtes Mittelfeld;
- 4) blauer Streif (schwarzes und blaues Netzhautbild);
- 5) schwarzes Feld.

Wählt man ein weißes Bedeckungsblatt, so wird bei Haltung des Objectes jenseits der Sehweite die 3. und 4. Abtheilung des Bildes (in welchen mit Roth und mit Blau Weiß concurrirt) undeutlich durch ein Uebergewicht des Weißen; bei naher Haltung des Objectes erkennt man deutlich folgende Abtheilungen:

- 1) rothes Feld,
- 2) blauer Streif,
- 3) weiß in Roth schattirtes Mittelfeld,
- 4) blauer Streif,
- 5) weißes Feld.

§. 52.

Es entsteht die Frage, ob auch bei Nachbildern die in Rede stehende Erscheinung sich geltend macht? — Ich möchte dieses vermuthen, konnte aber bis jetzt zu keiner Entscheidung kommen, da mein Auge für Nachbilder wenig disponirt ist. *)

*) Johannes Müller (Physiologie, II, 367) fixirt ein auf weißem Grunde aufgetragenes schwarzes Quadrat und wendet das Auge seitwärts, so daß Nachbild und objectives Bild sich theilweise decken. „Der freie Theil des Nachbildes erscheint dann sehr licht, der freie Theil des objectiven Bildes erscheint tief schwarz, der Theil hingegen, wo sich Nachbild und objectives Bild decken, erscheint schwarzgrau, als wenn sich beide Zustände ausgleichen sollten.“ — Die von Müller gegebene Figur zeigt keine Andeutung einer Schattirung des dem objectiven und dem Nachbilde zugleich angehörenden Feldes. —

Valentin (Physiologie, II, 201) giebt eine Zeichnung, die ebenfalls nichts Derartiges erkennen läßt. —

Von dem abklingenden Sonnenbilde sagt Ruete (Ophthalmologie, Seite 77): „die Aenderung der Farben geht von der Peripherie des Nachbildes nach dem Centrum desselben.“

Pouillet-Müller (Physik, I, 446) bemerkt von den Nachbildern des Kerzenlichtes: „der Uebergang von einer Farbe zur anderen beginnt am

§. 53.

Hat man die geschilderte Erscheinung unter so mannigfachen Verhältnissen sich entfalten sehen, so könnte man auf den ersten Anblick ein abermaliges Beispiel derselben vermuthen, wenn bei Auftreten eines Doppelschattens an der Wand eines durch zwei Fenster erleuchteten Zimmers der einfache Schatten da, wo er an die zweifach beleuchtete Wand grenzt, sich dunkel zeigt, an der Grenze des Zweifachbeschatteten hell. Eine Papptafel, aus welcher eine Kreisfläche herausgeschnitten wurde, zeigt unter solchen Verhältnissen ganz dasselbe Bild, wie die theilweise ineinanderfallenden Bilder einer weissen, auf dunklem Grunde doppelt gesehenen Kreisfläche, oder wie die beiden Löcher des Scheiner'schen Kartenblattes : nämlich ein mittleres, etwa spindelförmiges helles Feld, von zwei halbmondförmigen, schattirten Feldern eingeschlossen, die an der Grenze des Mittelfeldes am dunkelsten, gegen den dunklen Grund am hellsten sind. Aber man sieht sogleich, dafs hier Contrastwirkung nicht im Spiele ist, sondern dafs das schattirte Bild durch ungleiche Bestrahlung entsteht und das Auge nur das getreue Abbild dessen giebt, was auf der Wand objectiv vorhanden ist. — Ein gleichförmig graues Papier, von schwarzen und weissen Feldern be-

Rande und verbreitet sich von da aus nach der Mitte“. Seite 448 läfst Pouillet-Müller das Bild eines rothen Quadrats von dessen complementärem Nachbilde theilweise gedeckt werden; „der freie Theil des Nachbildes erscheint jetzt grün, der frei gewordene des ursprünglichen Bildes erscheint lebhaft roth; da aber, wo beide Quadrate übereinanderfallen, sieht man ein matteres Roth“. — Die von P.-M. gegebene Figur zeigt eine Andeutung von Schattirung der übereinanderfallenden Theile. —

Einen Versuch, der mit meiner Vermuthung übereinzustimmen scheint, dessen Wiederholung mir aber nicht gelang, finde ich bei Purkinje :

(Purkinje, Beiträge zur Kenntnifs des Sehens. 1819. Seite 107.)

— „Ein ähnliches Bewandnifs hat es mit weissen Papierschnitzchen auf schwarzem Grunde; ihre dunklen Nachbilder erhalten jederzeit einen grauen Schein, der abwechselnd zerfließt und die Ränder des Bildes aufhebt, dann sich wieder sammelt und diese erscheinen läßt. In dem mittleren Momente zwischen dem Licht und Schattenwechsel der Theile des Bildes verschwindet jedesmal alle Raumbegrenzung, bis sie wieder mit entgegengesetzter Beleuchtung erscheint“.

nachbart, erscheint gleichmäfsig grau; ein grünes Feld läfst an der Grenze eines gelben sein Blau nicht stärker hervortreten, als an jeder anderen Stelle, wiewohl ein grüner Fleck auf gelbem Grunde mehr Blau zu enthalten scheint, als auf blauem Grunde.

§. 54.

Es mufs nun wohl erwartet werden, dafs auch in denjenigen Fällen von Mischbildern, bei welchen die Irradiation ihre Stelle hat, Contrastwirkung eine Rolle spiele; indessen zeigt sich jene Erscheinung unter Mitwirkung der Irradiation jedenfalls nicht unwesentlich modificirt. Es gelang mir bis jetzt nicht, die Bedingungen zu ermitteln, nach welchen diese Abänderungen sich richten; soviel indessen glaube ich mit Sicherheit nachweisen zu können, dafs es wirklich ganz analoge Wirkungen sind, die auch bei Irradiation zur Erscheinung kommen, und weiterhin, dafs eben durch jene Erscheinungen Plateau bewogen wurde, der Irradiation eine Eigenschaft zuzuschreiben, die sie nimmermehr besitzt.

Die Irradiation (der Autoren), indem sie mehr oder weniger den ganzen Bezirk der ineinandergreifenden Eindrücke zu Gunsten des helleren erobert, verwischt in den meisten Fällen die Wahrnehmung unserer Erscheinung. Folgende Thatsachen ergeben sich indessen mit Leichtigkeit.

Betrachtet man bei recht guter Beleuchtung ein beliebiges Irradiationsobject, z. B. Fig. 34 (Taf. V), so erkennt man bei passender Entfernung deutlich die Grenzen der Irradiationshöfe oder das Bereich der von verschiedenen Bildern her ineinandergemischten Zerstreuungskreise. Bei der irradiirenden Fig. 34, besonders bei zu naher Haltung, erkennt man sehr genau, welches die äufserste, durch die Irradiation verwischte Grenze des schwarzen Feldes ist und bis zu welcher Grenze andererseits die Irradiationen in das Schwarze vorgreifen; man sieht, es geschieht dieses Letztere bei a (Fig. 36) in derselben Ausdehnung, wie bei b; der grau erscheinende schmale Streifen a, welcher die beiden oberen

Felder trennt, setzt sich in unmittelbarer Verlängerung fort in den Irradiationshof b.

Auf die Frage, warum der Streifen a dunkler erscheint, als der Streifen b, wird später zurückzukommen sein; betrachten wir zunächst den Streifen **b**. Dieser letztere, ein Mischbild, auf der Netzhaut von einem rein weissen und einem rein schwarzen Bilde benachbart, zeigt sich schattirt; dafs die Schattirung aber nicht diejenige Richtung besitzen kann, wie bei dem Mittelfelde s w in Fig. 45, und dafs die, das irradiirende Bild darstellende Fig. 36 mithin nicht diejenige Anordnung besitzt, wie das stereoskopisch erzeugte Bild Fig. 39, versteht sich von selbst. Der hellere Theil des Irradiationshofes ist, wie wir wissen, dem hellen Felde zugewendet, der Irradiationshof wird immer dunkler in der Nähe des schwarzen Feldes. Aber in seinem hellsten Theile erscheint der Irradiationshof heller, als der Kern des hellen Bildes selbst, und eben durch diesen Helligkeitsunterschied läfst sich der Irradiationshof von dem Kerne unterscheiden. Der Irradiationshof b in Fig. 36 besitzt seine grösste Helligkeit längs der punktirten Linie, die sich unmittelbar fortsetzt in die linke Contour des grauen Streifens a. Es scheint mir wahrscheinlich, dafs diese Steigerung der Helligkeit in dem Irradiationshofe auf einer analogen Wirkung, wie die §. 43 beschriebenen Erscheinungen, beruhen möchte. Es ist aber eine ziemlich allgemein (bei Irradiation durch zu grofse Nähe jedesmal) zu beobachtende Thatsache, dafs der Irradiationshof in seinem dem Kerne des irradiirenden Bildes zugewendeten Theile heller erscheint, als dieses selbst.

Ganz dieselben Verhältnisse, wie bei Fig. 34, zeigen sich bei einem Objecte, welches überall da schwarz ist, wo Fig. 34 weifs, und umgekehrt; zwischen den unteren, schwarzen und weissen Feldern zeigt sich dort der in der angegebenen Weise schattirte Irradiationshof; in gleicher Weise, wie bei Fig. 36, setzt sich ihm unmittelbar auf der zwischen den beiden oberen Feldern befindliche, grau erscheinende Streifen. Bei farbigen Objecten die analogen Resultate. In dem Irradiationshofe eines an Roth grenzenden gelben Feldes z. B.

findet sich intensiveres Gelb, als in dem Inneren des gelben Feldes, dessen Netzhautbild doch durch keinen dunklen Lichtstrahl verunreinigt ist.

§. 55.

Andere Erscheinungen, als wenn die Zerstreuungskreise zweier Bilder ineinandergreifen, zeigen sich, wenn durch Irradiationshöfe Solches geschieht. Die Irradiationshöfe, von welchen ein auf weißem Grunde befindliches schwarzes Dreieck von drei Seiten her geschmälert wird (Taf. VI, Fig. 42) treten an den drei Spitzen des Dreiecks übereinander, wodurch drei kleine, herzförmige Feldchen entstehen. Diese scheiden sich von dem einfachen Irradiationshofe (das eine Bild geht fort, das andere bricht ab) durch eine dunkle Umsäumung ab, die durch Contrastwirkung hervorgerufen sein dürfte. — Der Versuch ist nach Art der früheren zu variiren.

Ein aus drei weißen Linien gebildetes Dreieck (Taf. VIII, Fig. 66) zeigt bei Irradiation an seinen Spitzen herzförmige Felder (w, Fig. 67), welche durch Ineinandertreten von je zwei Irradiationshöfen gebildet sind. Dieselben sind doppelt so hell, als die einfachen Irradiationshöfe, g. Das Feld w ist da am hellsten, wo es am schmalsten ist, d. h. in der Nähe der Grenzen, jenseits welcher das Uebereinanderliegen der Irradiationshöfe abbricht und ein jeder derselben einfach wird. In den einfachen Irradiationshöfen aber hebt sich längs der Grenzen, in welchen jeder die herzförmigen Felder berührt, derjenige Eindruck heraus, welcher in diesen letzteren unterliegt: die herzförmigen Felder erscheinen mithin schwärzlich umsäumt von einer V förmigen Figur. — Ein rothliniges Dreieck auf gelbem Grunde zeigt bei Irradiation orangegelbe Balken; die herzförmigen Feldchen sind roth und haben eine V förmige, gelbe Umsäumung. —

Mit dieser Betrachtung stimmen die früher aufgenommenen Irradiationsbilder von Fig. 24 überein (Vgl. Taf. IV, Fig. 24 a, b, c und Fig. 25 a, b, c). Durch stärker wer-

dende Irradiation rücken die herzförmigen Felder immer näher gegeneinander; indem dieses mehr und mehr geschieht, berühren sich die Contrastsäume je zweier herzförmigen Feldchen, so daß der innere Rand jedes Balkens einen Saum zeigt (schwärzlicher Saum der Felder *w* in Fig. 24 b). Fig. 24 c zeigt von einfachen Irradiationshöfen nur noch drei dreieckige Fragmente, *w*, zwischen deren dunkle Spitzen die hellen Spitzen der herzförmigen Felder *w w* gelagert sind.

§. 56.

Was nun das durch Zerstreuungskreise bewirkte Bild eines auf andersfarbigem Grunde befindlichen schmalen Streifens anlangt, so vermochte ich innerhalb desselben keinerlei Schattirung zu erkennen, und es scheint, daß ein solcher Streifen durch eine ähnliche Wirkung hervorgehoben werde, wie die überbrückten Lichteindrücke der von widersprechenden Bildern berührten analogen Netzhautstellen. Führen wir Plateau's Object Fig. 34 (Taf. V) roth auf gelbem Grunde aus, so erscheint der schmale rothe Streifen bei Irradiation ziemlich lebhaft roth, während das grofse rothe Feld, auf welches nur von Einer Seite her gelbe Zerstreuungskreise einwirken, einen gelb in Roth schattirten Irradiationshof zeigt. —

Ist der Streifen weiß auf schwarzem Grunde, so zeigt er sich weißer, als er durch Irradiation allein erscheinen würde, die Irradiation **gewinnt** mithin durch das in Rede stehende Verhältniß; ist der Streifen schwarz auf weißem Grunde, so erscheint der Streifen dunkelgrau, und die Irradiation hat in diesem Falle **verloren**.

Je breiter übrigens der schmale Streifen durch Ueberschreitung der Sehweite wird, um so verwaschener seine Färbung, und über eine gewisse Grenze hinaus verschwindet er gänzlich. —

Daß das Sichtbarbleiben des schwarzen Streifens, wie ich vermuthe, auf Contrastwirkung beruhe, vermag ich für jetzt

nicht zu beweisen; allein dieses scheint mir unzweifelhaft, daß nicht durch ihre Nähe die benachbarten **Irradiationen beeinträchtigt** werden, sondern daß der schwarze **Streifen** durch die ihn umnachbarenden Felder in einem gewissen Grade **conservirt** bleibe. — Wir haben es mit einer Erscheinung zu thun, bei welcher es durchaus nicht auf die Wahl der Farben, sondern wesentlich auf die Contouren ankommt. Das inselförmige Bild wird von seiner Umgebung hervorgehoben, welcher der beiden Theile die hellere Färbung trägt, hat nur untergeordneten Einfluß.

§. 57.

Kehren wir nun zu Plateau und seinem VIII. Lehrsatz zurück, so bedarf es wohl keiner speciellen Betrachtung jedes einzelnen der von Plateau benutzten Beobachtungsobjecte. Der Leser, welcher der umständlichen Ausführung der letzten Paragraphen gefolgt ist, wird sich über die Schwächung der benachbarten Irradiationen eine andere Ansicht gebildet haben, als diejenige, welche Plateau entwickelt hat.

Was Plateau's schwarzes Dreieck (Taf. VI, Fig. 40 und 41) betrifft, so mögen die dunklen Contrastsäume, mit welchen die in den Spitzen der Irradiationshöfe befindlichen herzförmigen Feldchen nach §. 55 besetzt sind (Fig. 42), den Anschein eines Ausgeschweiftseins der Contouren bewirkt haben; und wirklich konnte ich bei guter Beleuchtung und passender Entfernung eines 10 Zoll in Seite haltenden schwarzen Dreiecks auch jenseits der Sehweite die in Fig. 42 angedeuteten Nüancirungen erkennen. Immerhin zeigt aber Fig. 42, mit Plateau's Fig. 41 verglichen, eine sehr bedeutende Verschiedenheit. —

Das von mir zur Winkelmessung benutzte grofse Dreieck (§. 40 und 41) zeigte in der angewendeten Entfernung (5 Meter) keine Spur jener Contrastsäume, indem dieselben jener starken Irradiation nicht widerstanden.

Was endlich die für seinen VIII. Lehrsatz von Plateau vorzugsweise benutzte Fig. 34 anlangt, so bedarf es nach dem bereits Erwähnten keiner weiteren Ausführung. Ein richtigeres Bild, als Plateau von der irradiirenden Fig. 34 in Fig. 35 entwarf, dürfte in Fig. 36, wiewohl dieselbe schematisch ist, gegeben sein. —

Wir fanden, dafs die Contrastwirkung bei für jedes Auge verschiedenem Bilde jedenfalls eine andere ist, als die durch eine und dieselbe Netzhaut vermittelte; es dürfte indessen nicht uninteressant sein, das Analogon der irradiirenden Fig. 34 durch stereoskopische Verbindung darzustellen. Fig. 37 und 38 zeigen die beiden Objecte, Fig. 39 das stereoskopische Bild *). Drei Felder des letzteren sind binoculär weifs, eines binoculär schwarz. Die drei Streifen a, b und b entsprechen dem geretteten Streifen und den Irradiationshöfen der Fig. 36. Sämmtliche Streifen entstehen durch objectiv gleichmäfsig gemischte Elemente. Die Streifen b b erscheinen schattirt (analog dem Streifen s w in Fig. 45), sie zeigen von Einem der beiden Eindrücke eben so viel, als von dem anderen; der Streif a, zwischen den beiden weissen Feldern, erscheint tief schwarz (Versuch III, §. 43); das ihm beigemischte Weifs wird fast vollständig vernachlässigt. In Fig. 34 kommt die Irradiation zur Mitwirkung, sie verschafft dem Weissen ein Uebergewicht; es gelingt ihr dies in geringerem Grade im Streifen a, als in den mit b bezeichneten Irradiationshöfen.

§. 58.

Führt man Fig. 34 sehr klein aus oder bildet man dieselbe durch einen kleinen, gegen das Licht nahe ans Auge zu haltenden, gefensterten Apparat, so erscheint anfangs der Anblick von Fig. 36, bei näherer Haltung derjenige von

*) Ebendasselbe Bild, wiewohl dessen beide Componenten sich sehr leicht allzuweit übereinanderschieben, zeigen die durch Doppeltsehen verbundenen Figg. 37 und 38.

Fig. 68 (Taf. VIII), und Letzteres ganz so, als ob der schmale Streifen am Object gar nicht vorhanden wäre. Die Verhältnisse sind hier ganz ähnlich, wie bei dem oben (Seite 98) erwähnten Versuche mit dem zu nahe ans Auge gehaltenen Sägeblatt (Fig. 69).

Bei diesem letzteren macht der zwischen den Zähnen 1 und 2 befindliche Luftraum einen Irradiationshof bis gegen die Grenze 1' 2'. In 2 treffen zwei Irradiationshöfe ineinander (analog den herzförmigen Feldchen der Figuren 42 und 67); auf den scheinbaren Spitzen der Sägezähne sitzen in Form eines V die mehrfach erwähnten Contrastsäume.

Die Schattirung zweier durch Irradiation ineinandergreifenden weißen Punkte oder der Scheiner'schen Nadelstiche bedarf keiner weiteren Erklärung.

§. 59.

Wenn Plateau in seinem 39. Paragraphen die Ansicht äußert, daß selbst innerhalb der Sehweite nur unter dem Schutze der einander neutralisirenden Irradiationen das Lesen schwarzer Buchstaben möglich sei, so darf hier nicht weiter wiederholt werden, wie sehr dieses unserer Ansicht bezüglich des VIII., so wie des II. Lehrsatzes widerspricht. Daß schmale, auch nicht accommodirte Streifen unter gewissen Bedingungen ihre Contouren aufrecht erhalten können, haben wir mehrfach gesehen. Wäre aber Plateau's Voraussetzung richtig, so würde deutliches Lesen von *weißen* Buchstaben auf schwarzem Grunde in allen Entfernungen unmöglich sein, indem ihnen die fragliche Neutralisirung ihrer nach allen Seiten hin strahlenden Irradiation nicht zu Statten käme. —

IX, X und XI.

„Die Irradiation nimmt zu mit der Dauer der Anschauung des Gegenstandes.“

„Bei demselben Individuum und bei einem Gegenstand von gleicher Helligkeit schwankt die Irradiation von einem Tage zum andern.“

„Die von einer und derselben Helligkeit erregte mittlere Irradiation ist sehr verschieden von einem Individuum zum andern.“

Plateau.

§. 60.

Für den ersten der obenstehenden Sätze führt Plateau (§. 49) die Beobachtung an, daß die aus der Ferne betrachtete und in einer bestimmten Entfernung Coincidenz ihrer Ränder a b und g h zeigende Fig. 2 (Taf. I) bei einiger Dauer der Betrachtung alsbald eine gröfsere Entfernung erfordere, um jene Coincidenz beizubehalten.

Zur Erklärung dieser leicht nachweisbaren Erscheinung beruft sich Plateau darauf, „daß die Netzhaut durch die Dauer des Anschauens immer unempfindlicher für das Licht werde“ und folgert, „daß in dem Mafse, als das directe Licht seine Macht auf die Netzhaut zu verlieren scheine, der fortgepflanzte Eindruck sich mehr entwickle“.

Indem ich von der Erklärungsweise Plateau's an dieser Stelle absehe, finde ich in den durch andauernde Beschauung eintretenden Veränderungen der Irradiation eine Folge des zeitweise sich ändernden Refraktionszustandes der Augen und eine nothwendige Consequenz der zu vertheidigenden Theorie. Sieht ein Auge ein Object bei einer bestimmten Entfernung ohne Irradiation, so wird bei längerer Dauer durch Ermüdung des Auges Irradiation eintreten, indem das Auge vorübergehend kurzsichtiger geworden. Zeigt ein aus der Ferne betrachtetes Object eine Irradiation von einer bestimmten Gröfse, so wird

dieselbe bei längerer Betrachtung wachsen, indem das ermüdende Auge immer kurzsichtiger wird.

Der von Plateau ausgesprochene Satz ist aber nur wahr für die durch zu grofse Entfernung entstehende Irradiation; für Irradiation durch zu grofse Nähe (von Plateau freilich nirgends erwähnt) würde hinzuzufügen sein, dafs die Irradiation mit der Dauer der Beschauung abnimmt.

Sehr instructiv, wiewohl in seiner zweiten Hälfte die Augen stark angreifend, ist folgender Versuch. Befindet sich ein Irradiationsobject dem Auge etwas zu nahe, so entsteht Irradiation, weil das Auge für die Entfernung des Objectes wie ein weitsichtiges wirkt. Das Auge, ermüdend, minder weitsichtig werdend, gewinnt allmählig eine solche Beschaffenheit, dafs das Object sich in der Sehweite befindet, und die Irradiation fehlt. Bei längerer Andauer der Beobachtung und steigender Ermüdung tritt wiederum Irradiation ein, und es ist dies Irradiation durch zu grofse Entfernung, indem das Auge für die Entfernung des Objectes nun kurzsichtig ist. — Die genannten Effecte forderten eine Beobachtung von mehreren Minuten. Sollte es nicht jedem Auge gelingen, in einem und demselben Versuche, bei einer und derselben Beobachtungsweite die Effecte zu naher und zu entfernter Betrachtung zu verbinden, so wirft schon die erste Hälfte des Versuchs — im Vereine mit dem obigen Plateau's — genügendes Licht auf die hier in Betracht kommenden Verhältnisse. — Ich erinnere noch, dafs bei ausgiebigem Accomodationsvermögen auch durch willkührliche Veränderungen des Refraktionszustandes ein in der mittleren Sehweite befindliches Object die beiden Arten von Irradiation zeigen kann, während in unserem Versuche das Auge durch Ermüdung zur Wahrnehmung der verschiedenen Configurationen des Objectes gezwungen ist.

§. 61.

Dem X. und XI. Lehrsätze, wenn auch keineswegs der von Plateau gegebenen Begründung, pflichte ich vollkommen bei. In Bezug auf Satz X sagt Plateau (§. 77) :

„Diese Thatsache ist, wie ich schon gesagt habe, eine ganz natürliche Folgerung der Theorie, die aus der Irradiation ein Phänomen der Empfindung macht, und umgekehrt kann sie als Beweis dieser Theorie gebraucht werden, denn nach jeder andern Theorie würde sie schwer zu erklären sein“.

Während Plateau anderenorts ein willkürliches Accommodationsvermögen von unbeschränktester Ausgiebigkeit unterstellt, scheint ihm die Annahme sehr ferne zu liegen, daß der mittlere Refraktionszustand, von welchem aus das Auge innerhalb bestimmter Grenzen nach zwei Richtungen hin spielt, zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener sein könne. Und doch ist letzteres eine unleugbare und leicht zu erweisende Thatsache. Ich erinnere nur an die Veränderungen in der Sehweite, welche bei jeder Augenanstrengung, wie z. B. beim Gebrauch des Mikroskopes, vorübergehend eintreten. Dasselbe ist, wie oben erörtert, bei Irradiationsversuchen der Fall. Die concave Brille, welche ein Kurzsichtiger bei im Ganzen ziemlich gleich bleibender Augenbeschaffenheit schon Jahre lang trug, thut ihm, sobald er sie nach mehrstündigem Weglassen von Neuem ergreift, eine Zeit lang weit gröfsere Dienste, als einige Stunden zuvor, wo er sie nach längerem Gebrauche weglegte. —

Auch zu Gunsten des XI. Lehrsatzes bezieht sich Plateau auf die bei verschiedenen Personen verschiedene Reizbarkeit der Netzhaut; gewifs eben so einfach erklärt sich die Sache in den Verschiedenheiten der Sehweite der verschiedenen Individuen.

XII und XIII.

„Die Irradiation wird abgeändert, wenn man eine Linse vor das Auge bringt. Sie wird verringert durch convergirende Linsen und erhöht durch divergirende.“

„Diese Wirkung der Linsen scheint nur von deren Brennweite abzuhängen, und nicht von den absoluten Krümmungen ihrer Oberflächen. Sie scheint desto stärker zu sein, je kürzer die Brennweite ist.“

Plateau.

§. 62.

Plateau beginnt die Paragraphen, welche zur Aufstellung obenstehender Sätze geführt haben (§. 97 — 104), mit folgenden Worten :

„Unglücklicher Weise stellt sich aber, sobald man zur Beobachtung der Irradiationseffecte das Auge mit einer Linse bewaffnet, eine Ordnung von Thatsachen ein, deren Verknüpfung mit der besagten Hypothese ich nicht einzusehen vermag.“

Indem ich diesen Worten vollkommen beistimme, muß ich bemerken, daß mir jene bei Zuziehung von Linsen sich zeigenden Effecte nichts weniger, als unbequem sind. Dieselben beweisen ganz vorzugsweise, daß die Irradiation von Continuitätswirkung nicht abhängen kann; dagegen sind sie die nothwendigste Consequenz unserer Theorie, und bei deren Annahme a priori zu construiren.

Beziehen wir den Satz XII (mit Plateau) auf diejenige Irradiation, von welcher Plateau seither gesprochen, so ist derselbe offenbar falsch. Halte ich Fig. 2 (Taf. I) dem bloßen Auge zu ferne, so daß Coincidenz der Ränder a b und h g eintritt, und senke nun meine Concavbrille, so besitzt diese zufällig gerade die passende Stärke, um die wahre Zeichnung der Figur erkennen zu lassen. Vertauschte ich die Brille mit einer Loupe, so daß die etwas genäherte, für die Loupe aber zu ferne Figur Coincidenz jener Ränder zeigte,

so besafs die gewählte Loupe gerade diejenige Schleifung, dafs das Object bei Entfernung der Loupe sich nahezu in der Sehweite befand und von Irradiation nur sehr wenig erkennen liefs. Die Irradiation der Autoren also, die durch zu grofse *Entfernung* entstehende Irradiation, wird *vermindert* durch *divergirende* und *erhöht* durch *convergirende* Linsen. — Es ist dies ein auf der Hand liegendes Verhältnifs, und es besteht kein Zweifel darüber, warum der Kurzsichtige, um entfernte Objecte zu accommodiren, um die weifsen Buchstaben einer fernen Inschrift nicht durcheinander flimmern zu sehen, eine Concavbrille gebraucht.

Plateau wurde zur Aufstellung seines XII. Lehrsatzes durch Versuche geführt, in welchen er — soweit wenigstens aus jener Abhandlung hervorgeht — zum Erstenmale Irradiation durch zu grofse *Nähe* des Objectes vor sich hatte. Auf diesen Unterschied scheint Plateau keinen Werth zu legen; doch gerade in ihm findet sich der Schlüssel für die Lösung der in Frage stehenden Verhältnisse. Die Irradiation durch zu grofse *Nähe*, allerdings, wird *verringert* durch *convergirende*, *erhöht* durch *divergirende* Linsen. Die Erscheinung ist sehr deutlich, wenn man eine klein schwarz und weifs carrirte Fläche, oder ein Object Fig. 22 a (Taf. IV), nahe ans Auge hält und eine Concavbrille hebt und senkt; die Brille zeigt vermehrte Irradiation. Vertauscht man die Brille mit einer Loupe, so wird die Irradiation vermindert oder aufgehoben. — Auch diese Consequenz ist eine Erfahrung des täglichen Lebens. Wir geben dem Greise, dessen Auge fernsichtig ist, eine Convexbrille, damit er das Buch nicht allzu weit weg halten mufs, und Jedermann weifs, dafs der Nutzen von Loupen eben darin besteht, Objecte dem Auge möglichst nahe bringen zu dürfen, ohne durch Zerstreuungskreise gestört zu sein.

Eine »neue Ordnung der Dinge« kann für die Irradiation durch Zuziehung von Linsen nicht herbeigeführt werden, denn Brechungsverhältnisse sind es ja, auf welchen die Irradiation selbst beruht; sie wird also durch

Linsen nur vermindert oder vermehrt, nicht aber in ihrem Wesen umgeändert werden können. Man fahre bei Anwendung einer Concavbrille mit Fig. 2 (Taf. I) oder einem ihr analogen Fensterapparate vor dem Auge hin und her, um abwechselnd Irradiation durch zu grofse Nähe, deutliches Sehen und endlich Irradiation durch zu grofse Entfernung zu bewirken; ganz die nämlichen Effecte sieht man bei Anwendung einer Loupe. Nur die Entfernungen, welche für gleiche Irradiationsgrade gewählt werden müssen, sind verschieden, je nach der Gattung der Linse; es befindet sich bei der Loupe das irradiationsfreie Object diesseits, bei der Concavbrille jenseits der Sehweite des nackten Auges, jedesmal aber in derjenigen Entfernung, für welche das Glas durch die brechenden Medien des Auges zur Bildung von distincten Netzhautbildern ergänzt wird.

§. 63.

Indem ich dem XIII. Satze insoweit beistimme, als derselbe das, worauf es bei der durch Linsen modificirten Irradiation ankomme, in der Brennweite sucht, liegt mir nur noch ob, die Versuche vorzuführen, durch welche sich Plateau zur Aufstellung seines XII. und XIII. Satzes veranlafst fand. Ich werde die betreffenden Paragraphen in ihrem ganzen Zusammenhange geben; keineswegs, um sie ins Einzelne zu besprechen, sondern weil mir eine Umarbeitung in mehrfacher Beziehung mifslich schien.

„(97.) — Der hierzu angewandte Apparat ist analog dem, welchen ich zuvor bei den Mefsversuchen benutzte; a b c d (Fig. 70, Taf. VIII) ist eine quadratische Kupferplatte von 10 Centimetern Seite, in der Mitte mit einer gleichfalls quadratischen Oeffnung f g h i von 2 Centimetern Seite. Diese Oeffnung enthält zwei rechtwinklige Plättchen von polirtem Stahl f k l m und n o p q, deren Vorderflächen in der Verlängerung der Fläche der Kupferplatte liegen. Das erste dieser beiden Plättchen ist fest, allein das zweite kann in seiner Ebene längs der Seite h i der Oeffnung verschoben

werden, mittelst einer Schraube, deren Knopf man in r erblickt. Die beiden Plättchen sind vollkommen gearbeitet, ihre freien Ränder nach hinten schneideförmig, und wenn man das bewegliche Plättchen verschiebt, unter das feste führt, so kommen die Ränder n o und m l blos in Berührung, ohne indeß gegen einander eine Reibung auszuüben, die sie verbiegen könnte. Endlich steht der Apparat auf einem Gestell von solcher Einrichtung, daß man ihn heben und senken, auch die Platte sowohl lothrecht, als mehr oder weniger geneigt stellen kann.“

„Zur Anstellung des Versuchs setzt man den Apparat vor ein Fenster, giebt anfangs der Platte eine solche Neigung, daß man den Himmel durch Reflexion auf dem polirten Plättchen sieht, und richtet nun die Sachen so ein, daß die Oeffnungen sich auf einem recht schwarzen Raum projeciren. Alsdann betrachtet man diese Plättchen mittelst einer starken, dicht vor das Auge gehaltenen Loupe (die von mir angewandte Loupe hatte ungefähr 3 Centimeter Brennweite), und dreht die Schraube rück- oder vorwärts, bis die beiden Ränder k l und n p genau in gegenseitiger Verlängerung erscheinen. Nachdem diese Bedingung erfüllt ist, stellt man die Platte senkrecht und begiebt sich vor den Spiegel, welcher das Himmelslicht reflectirt; hierauf betrachtet man abermals die Plättchen mit der Loupe, ohne die Schraube zu berühren. Obwohl nun bei dieser zweiten Anordnung des Apparats die Umstände die umgekehrten sind, da die Oeffnungen erleuchtet und die Plättchen dunkel erscheinen, so scheint doch in der relativen, scheinbaren Lage der beiden Ränder k l und n p nichts geändert, vielmehr fahren sie fort, in gegenseitiger Verlängerung zu liegen. (Von fünf Personen, die diesen Versuch wiederholten, sagte mir eine, daß vielleicht noch eine, aber äußerst geringe Irradiation zurückbliebe.)“

„(98.) Um das Merkwürdige dieses Versuches recht zu begreifen, bemerke man zunächst, daß derselbe, vermöge seiner Anstellungsweise, den scheinbaren Irradiationseffect längs den Rändern k l und n p vergrößern mußte.

Denn, wenn bei dem ersten Theil der Operation, d. h., als man die Plättchen durch Reflexion betrachtete und diese leuchtend erschienen, eine merkliche Irradiation sich längs den Rändern $k l$ und $n p$ entwickelte, müßte man die Plättchen, um sie scheinbar in gegenseitige Verlängerung zu bringen, in Wirklichkeit offenbar von einander entfernen, um eine Gröfse, die, durch die Loupe gesehen, gleich wäre der Summe ihrer beiden Irradiationen. Wenn man darauf den Apparat in Projection gegen den Himmel betrachtet, und nun die Oeffnungen leuchtend erscheinen, scheint die durch sie längs denselben Rändern entwickelte Irradiation diese Ränder auseinanderrücken zu müssen, und der Effect dieser scheinbaren Auseinanderrückung würde sich offenbar der wirklich zwischen ihnen eingetretenen addiren. Die Summe dieser partiellen Effecte hätte also ein weit beträchtlicheres Gesamteresultat erzeugen müssen.“

„Da man nun, wenn man den Versuch auf angezeigte Weise macht, keine merkliche Auseinanderweichung wahrnimmt, so darf man wohl daraus schliessen, dafs wenn sich eine Irradiation entwickelt, diese doch zu klein ist, um durch das Verfahren erkennbar zu werden. Zweitens weifs man, dafs, wenn ein Gegenstand durch eine Loupe betrachtet wird, das an die Stelle dieses Gegenstandes tretende Bild immer in der Entfernung des deutlichen Sehens liegt. Andererseits habe ich gezeigt“ (Versuch mit der Argand'schen Lampe, S. 77), „dafs bei dieser selben Entfernung die Irradiation für das nackte Auge sehr sichtbar ist, und man kann sich überdies überzeugen, wie ich es weiterhin zeigen werde, dafs der in Rede stehende Apparat dieselbe vollkommen zeigt. Während also, nach dem obigen Versuch, der mit blofsem Auge und aus der Entfernung des deutlichen Sehens betrachtete Apparat eine sehr merkliche Irradiation zeigt, läfst das mit einer in derselben Entfernung befindlichen starken Loupe erzeugte und sehr nahe eben so helle Bild des nämlichen Apparates keine wahrnehmbare Irradiation erblicken. Man kann nicht annehmen, dafs dies von der Vergröfserung des Bildes herühre, die, im Contrast dazu, die Irradiation sehr klein mache.

Denn es handelt sich hier bloß darum, zu beurtheilen, ob zwei gerade Linien in gegenseitiger Verlängerung erscheinen, oder nicht, und darauf hat offenbar die gröfsere oder geringere Länge, in welcher sich diese Linien zeigen können, keinen Einflufs. Wir werden also zu dem sonderbaren Schlufs geführt, dafs die Loupen an sich ein Vermögen besitzen, die Ocularirradiation bedeutend zu verringern. Ich sage bloß: zu verringern; denn wir werden bald (§. 103) sehen, dafs man für diesen Fall keine gänzliche Zerstörung des Phänomens annehmen kann.“

„Ich habe gesagt, dafs der Apparat mit den Stahlplättchen die Irradiation bei bloßem Auge in der Entfernung des deutlichen Sehens vollkommen wohl zeige. Um dies zu erweisen, braucht man nur die obigen Operationen ohne Loupe zu wiederholen. Die Plättchen durch Reflexion mit bloßem Auge betrachtend, verschiebe man das bewegliche von ihnen, bis für die deutliche Sehweite die Ränder k l und n p in gegenseitiger Verlängerung erscheinen; dann stelle man den Apparat senkrecht vor dem geneigten Spiegel auf und betrachte ihn abermals, stets das Auge in der deutlichen Sehweite haltend. Man wird nun die Ränder sehr merklich auseinandergerückt erblicken. (Sieben Personen hatten diesen Versuch wiederholt und zwar mit gutem Erfolg.)“

„(99.) Die Versuche mit der Loupe erfordern einige Vorsicht, deren Erwähnung hier nothwendig ist.“ (Plateau beschreibt hier insbesondere die Einrichtung eines kleinen Planspiegels, welchen er bei Reflexstellung des Fensterapparates anwendete, damit die vom Himmel kommenden Strahlen vom Kopfe des Beobachters nicht aufgefangen würden.)

„(100.) Ich habe die eben nachgewiesene Thatsache noch mehr zu verallgemeinern gesucht, indem ich dieselben Versuche mit einer Reihe anderer Linsen von verschiedenen Brennweiten wiederholte. Zuvörderst versuchte ich die Wirkung einer biconvexen Linse von 5,5 Centim. Brennweite, und die Irradiation zeigte sich nicht mehr so, wie mit der ersten Loupe. Eine planconvexe

Linse von gleicher Brennweite gab noch dasselbe Resultat. (Der erste dieser Versuche wurde nur von zwei Personen wiederholt, der zweite von dreien.) Darauf wandte ich eine biconvexe Linse von 16 Centim. Brennweite an. Von fünf Personen, die den Versuch machten, sahen jetzt zwei ein sehr geringes Auseinanderweichen der Ränder beider Plättchen, und eine dritte glaubte ein äußerst geringes nach längerer anhaltender Betrachtung wahrzunehmen. Bei Ersetzung dieser Linse durch eine planconvexe von gleicher Brennweite waren die Resultate dieselben, d. h., diejenigen Personen, die mit der vorherigen Linse keinen Irradiationseffect bemerkt hatten, sahen auch jetzt keinen, während die, welche zuvor eine kleine Auseinanderweichung unterschieden hatten, sie auch jetzt wahrnahmen, und ihr nahe dieselbe Gröfse beilegte.

„(101.) Die eben dargelegten Resultate scheinen anzuzeigen, dafs die die Irradiation verringernde Wirkung convergirender Linsen desto weniger hervortritt, je gröfser die Brennweite ist. Hieraus und aus der grofsen Wahrscheinlichkeit, dafs ein planes Glas keine Wirkung ausübe, stand zu schliessen, dafs divergirende Linsen umgekehrt wie convergirende wirken, d. h. die Irradiation vergrößern würden. Und wirklich habe ich dies so gefunden, wie man weiterhin sehen wird. Eine Schwierigkeit trat mir anfangs entgegen. Es stand zu fürchten, dafs divergirende Linsen für Nicht-Kurzsichtige das Sehen verwirrend machen würden, und dies also eine Fehlerquelle herbeiführen könnte. Allein bald sah ich ein, dafs, wenn man sehr schwache Linsen anwendete, die Augen sich ohne Zweifel bei geringer Anstrengung so ajustiren würden, dafs die Deutlichkeit des Sehens erhalten bliebe, und wirklich habe ich mich überzeugt, sowohl bei meinen Augen, als bei denen der Personen, die die Versuche wiederholten, dafs dem so sei. Die Linsen, deren ich mich bediente, hatten 2,20 Meter Brennweite. Der Apparat mit den Stahlplättchen wurde immer so aufgestellt, dafs er sich auf ein leuchtendes Feld projecirte; die Person betrachtete ihn anfangs mit blo-

fsem Auge aus der Entfernung des deutlichen Sehens, dann, wenn sie des scheinbaren Auseinanderweichens der beiden Ränder wohl gewiß war, stellte sie die obigen Linsen vor ihre Augen und untersuchte, ob das Auseinanderweichen eine Abänderung erlitten hätte. Von fünf Personen, die den Versuch anstellten, sahen vier eine Zunahme des Auseinanderweichens; die fünfte bemerkte anfangs keine Veränderung; allein als statt der genannten Linsen zwei andere von 1,90 Meter Brennweite genommen wurden, sah auch sie eine Zunahme, obwohl das Sehen deutlich geblieben war. Divergirende Linsen vergrößern also die Irradiation, und der Versuch mit der letzten Person scheint anzuzeigen, daß die Wirkung desto deutlicher, je stärker die Linse ist. Was die Wirkung eines Planglases betrifft, so habe ich sie nur bei meinen eignen Augen versucht, und, wie zu erwarten, keine Abänderung in der Irradiation dabei bemerkt.“

„(102.) Die Versuche des §. 100 scheinen noch zu dem Schlufs zu führen, daß die Wirkung der Linsen nur von ihrer Brennweite und nicht von der absoluten Krümmung ihrer Flächen abhängt. Denn man sah, daß, wenn statt der biconvexen Linsen planconvexe von gleicher Brennweite genommen wurden, die Effecte gleich zu bleiben schienen.“

„(103.) Die in §§. 97 und 98 angeführten Thatsachen zeigen, daß bei Anwendung convergirender Linsen von etwas kurzer Brennweite die Irradiation, welche unser gegen den Himmel projecirter Stahlplättchen - Apparat zu entwickeln trachtet, zu schwach für die Wahrnehmung wird. Hiernach ist einleuchtend, daß bei astronomischen Beobachtungen das Ocular des Fernrohrs, wie schon angedeutet, einen vorwaltenden Einfluß auf die das Bild eines Gestirns umgebende Irradiation ausüben muß; allein die Resultate dieser astronomischen Beobachtungen beweisen andererseits, daß die Loupen diese Irradiation nicht vollständig zerstören. Dies muß aus den im §. 23 erwähnten Versuchen des Herrn Robinson nothwendig gefolgert werden. Hält man es übrigens für erwiesen, daß die Wirkung convergirender Linsen auf die Irradiation sich umgekehrt wie ihre Brennweite verhält, so er-

lauben die Stetigkeitsgesetze nicht die Annahme, daß diese Wirkung für eine gewisse Brennweite die Irradiation vollständig zerstören könne, wenigstens nicht zugleich die Annahme, daß die Erscheinung bei einer kürzeren Brennweite wieder hervorzutreten anfange, oder das Zeichen wechsle, was wenig wahrscheinlich ist, und schwer übereinstimmen würde mit unseren Versuchen mit Linsen von drei und von fünf und ein halb Centimeter Brennweite.“

„(104.) Zusammengefaßt, wird also die Irradiation durch Vorsetzung einer Linse vor das Auge abgeändert, und diese Abänderung scheint folgenden Gesetzen unterworfen zu sein: 1) die Irradiation wird durch convergirende Linsen geschwächt; diese bei kurzer Brennweite beträchtliche Wirkung nimmt ab, so wie die Brennweite zunimmt, wird Null, wenn diese unendlich ist und wechselt das Zeichen mit ihr, d. h., die Irradiation wird im Gegentheil stärker durch divergirende Linsen; 2) unsere Versuche, obwohl nicht so zahlreich, um in diesem Bezuge einen ganz sichern Schluss zu ziehen, scheinen anzudeuten, daß die Wirkung der Linsen nur von deren Brennweite abhängt, und nicht von der absoluten Krümmung ihrer Oberflächen.“

„(105.) Kann nun diese Wirkung der Linsen auf die von uns auseinandergesetzte Theorie der Irradiation zurückgeführt werden? Das scheint mir schwierig, ich bekenne es. Denn wenn man einen Gegenstand durch eine Loupe betrachtet, gelangen die Lichtstrahlen ins Auge, wie wenn sie von einem Bilde ausgingen, dessen Helligkeit, wenigstens wenn die Loupe nicht zu klein ist, der des Gegenstandes gleich kommt. Es mögen also die Strahlen von diesem Bilde oder direct von dem Gegenstande selbst kommen, so scheint es, müssen sie auf dem Grunde des Auges dieselbe Erregung bewirken und diese also müßte sich um dieselbe Gröfse auf die benachbarten Theile der Netzhaut ausdehnen. Da andererseits das virtuelle Bild in der deutlichen Sehweite liegt, so scheint es, der Be-

obachter müsse der Irradiation, welche dasselbe entwickelt, dieselbe Breite, wie der des Gegenstandes selbst, beilegen, sobald letzterer ebenfalls in der Entfernung des deutlichen Sehens befindlich ist.“

» Betrachtet man die Wirkung der Linsen auf die Irradiation gesondert, abgesehen von den Gesetzen dieser beim bloßen Auge, so scheint sich zunächst die Idee aufzudringen, daß die Irradiation von dem Gange der Lichtstrahlen in den Feuchtigkeiten des Auges abhängt, weil sie abgeändert wird, wenn man zu dem Linsensystem, aus welchem das Auge besteht, noch eine Linse hinzufügt. Man könnte hiernach versucht sein, die Irradiation einer sphärischen Abirrung des Organs zuzuschreiben, einer Abirrung, die durch Vorsetzung einer Loupe mehr oder weniger berichtigt wird. Allein in dieser Hypothese begriffe man schwierig, wie Loupen von sehr verschiedener Krümmung, z. B. die von 3 Centim. und die beiden von 5,5 Centim. Brennweite, die eine biconvex und die andere planconvex, diese Abirrung gleich stark aufheben; warum ferner die beiden Linsen von 16 Centim. Brennweite, von denen die eine auch biconvex und die andere planconvex war, diese Abirrung nicht um dieselbe Gröfse berichtigten, warum endlich die Wirkung der Linsen im umgekehrten Verhältniß ihrer Brennweite zu stehen scheint, mit dieser das Zeichen wechselt und keine Beziehung zur absoluten Krümmung der Flächen hat. Es scheint in der That einleuchtend, daß, um bei einem Linsensystem, wie das des Auges, die Abirrung wegen der Kugelgestalt aufzuheben, eine hinzugesetzte Linse von gegebener Brennweite bestimmte Krümmungen haben müsse, und daß, wenn bei gleich bleibender Brennweite die Krümmungen sich ändern, die Abirrung entweder gar nicht mehr vernichtet, oder weniger gehoben, oder zuweilen verstärkt werden müsse. Was für Hypothesen müßte man überdies häufen, um durch eine sphärische Abirrung des Auges die Mehrzahl der bei bloßem Auge beobachteten Irradiationsgesetze zu erklären, z. B. den Einfluß der Dauer des Sehens nach dem

Gegenstand, die großen Verschiedenheiten der Irradiation bei einem und demselben Individuum von einer Zeit zur andern, die Unabhängigkeit zwischen dem sie messenden Gesichtswinkel und der Entfernung des Gegenstandes, den Einfluß des diesen Gegenstand umgebenden Feldes und die Schwächung zweier benachbarten Irradiationen *).“

„Erinnert man sich endlich, welche Wahrscheinlichkeiten die Theorie für sich hat, die aus der Irradiation ein Phänomen der Empfindung macht; bedenkt man, daß diese Theorie auf Betrachtungen und Thatsachen beruht, welche sie fast nothwendig machen, daß sie alle Gesetze der bei bloßem Auge auftretenden Irradiation mit Leichtigkeit erklärt, daß endlich mehrere dieser Gesetze erfordern, das Phänomen einer von der individuellen Empfindlichkeit der Netzhaut abhängigen Ursache zuzuschreiben, so wird man zu dem Glauben geneigt sein, daß zwischen der Wirkung der Linsen und der Fortpflanzung des Eindrucks auf dem Grunde des Auges irgend eine versteckte Beziehung stattfinde. Alles, was unsere Sinne betrifft, ist noch so von Dunkelheit eingehüllt, daß es verwegen wäre, aus der Schwierigkeit, welche die Linsenwirkung veranlaßt, ein bündiges Argument wider eine andererseits so wohlbegründete Theorie erheben zu wollen.“

§. 64.

Nur sehr Weniges möchte ich zu der vorstehenden Darstellung Plateau's bemerken. Ein specielleres Eingehen würde bei der Grundverschiedenheit der beiderseitigen Principien sehr umständlich sein, während das in Anschlag zu bringende sich aus dem früher Entwickelten ohne Schwierigkeit ergibt. Es werde darum, gleich manchem Anderen, übergangen, wenn §. 98 wiederholt von innerhalb der Sehweite

*) Diese letztere Erscheinung könnte auf den ersten Blick einen Interferenz-Effect vermuthen lassen; allein, wie leicht ersichtlich, kann dem nicht so sein, da die Strahlen, welche interferiren sollten, nicht von derselben Quelle ausgehen. (Anmerkung Plateau's.)

stattfindender Irradiation die Rede ist; nur bezüglich des Hauptversuchs, § 97, füge ich einige Bemerkungen bei.

Den Apparat, dessen sich Plateau §. 97 bedient, habe ich nicht anfertigen lassen. Indessen war die Herstellung eines ganz ähnlichen Apparates sehr einfach, und ich habe, mit diesem experimentirend, nicht eine einzige Erscheinung wahrgenommen, die nicht nach unseren Voraussetzungen als ganz consequent hätte erwartet werden müssen.

Stellt man die glänzenden Plättchen so, daß die Ränder *k l* und *n p* in Wirklichkeit in einer Linie liegen, so sieht man bei zu naher Haltung des Objectes (natürlich auch bei zu entfernter Haltung, für welchen Fall man eine Concavbrille bereit halte), auf die den Himmel spiegelnden Plättchen schauend, die dunkeln Fenster geschmälert; hält man das Object gegen den Himmel, so sieht man die Fenster irradiiren, die Plättchen geschmälert. Bewaffnet man das Auge mit einer Loupe, welche der Entfernung, in der das Object in beiden Fällen gehalten wurde, entspricht, so hört in beiden Fällen die Irradiation auf. Vergrößert man nun die Fenster, und wählt eine so nahe Haltung des Objectes, daß durch das Licht der Plättchen die dunkel scheinenden Fenster verkleinert werden und Coincidenz eintritt, so möchte, wenn hierauf der Apparat gegen den Himmel gehalten wird und nun die ohnehin an Gröfse überwiegenden und zur Irradiation sehr geneigten Fenster irradiiren, keine Coincidenz möglich sein. Durch Zuziehung einer Loupe können die Verhältnisse unmöglich in der Weise verändert werden, daß in beiden Fällen Coincidenz stattfände; denn nachdem bei Reflexstellung die kleinen, hellen Plättchen gegen die grofsen dunklen Fenster durch Irradiation gewachsen wären, müßten nachher bei Haltung gegen den Himmel die grofsen, nun hellen Fenster nicht nur nicht weiter wachsen, sondern sogar kleiner werden. Ich habe von einem so auffallenden Verhältnisse nichts wahrnehmen können.

§. 65.

Durch welche Umstände Plateau zu den so wunderbaren Resultaten gekommen sei, ist mir unmöglich, nachzu-

weisen, und ich werde mir hierüber keinerlei Conjecturen erlauben. In mehreren Punkten aber stimmen die Beobachtungen Plateau's mit den meinigen vollkommen überein, und ich gestehe, daß die Lesung jener letzten Paragraphen mich in eine eigenthümliche Spannung versetzt hat, indem jeder Augenblick den Uebergang des Gegners in das eigene Lager zu bringen schien.

§. 101 beobachtet Plateau — offenbar bei zu nahen Objecten — durch divergirende Linsen Verminderung der Irradiation. Es fehlt hier nur, daß die Irradiation zu naher Objecte als etwas *Besonderes* erkannt würde. Dies geschieht aber nirgends; die Objecte sollen in der Sehweite irradiirt haben, und nur aus der Art und Weise der von Plateau geschilderten Resultate läßt es sich ableiten, daß Plateau durch zu große Nähe bedingte Irradiation vor sich gehabt haben müsse. —

Von ganz besonderem Interesse ist der 105. Paragraph, mit welchem Plateau seine Untersuchungen abschließt; und in Bezug auf Plateau's letztes Wort kann ich eine Bemerkung nicht unterdrücken. Ich kann mich nämlich nicht davon überzeugen, daß in Zweifeln an der Richtigkeit einer anscheinend noch so wohlbegründeten Theorie, wenn ein einziges Factum ihr direct widerspricht, eine Verwegenheit liege. — Die Wahrheit ist immer wahr, sie wird nicht abgeändert durch »versteckte Beziehungen«. Valentin, wie wir später finden werden, überzeugte sich mit eignen Augen, daß Zerstreuungslinsen die Irradiation verminderten und nicht, wie Plateau lehrt, vermehren: — — er supponirte, statt an der »wohlbegründeten Theorie« zu zweifeln, irgend eine das Gesetz Plateau's für den einzelnen Fall »verwischende« Beziehung, und liefs für die übrigen Fälle das Gesetz zu Recht bestehen. — Ich halte die ganze Irradiationslehre Plateau's für eine Irrlehre und scheue mich nicht, das Meinige zur Beseitigung derselben beizutragen.

XIV.

„Die wahrscheinlichste Ursache der Irradiation scheint die jetzt allgemein angenommene zu sein, nämlich: daß der durch das Licht erzeugte Reiz sich auf der Netzhaut ein wenig über den Umriss des Bildes fortpflanzt. Mittelst dieses Satzes, der übrigens auf Thatsachen gestützt ist, kann man alle Gesetze der mit bloßem Auge beobachteten Irradiation erklären; allein man stößt auf Schwierigkeiten, wenn man die Wirkung der Linsen in Betracht zieht.“

Plateau.

§. 66.

Es bleibt jetzt nur noch übrig, das Grundprincip der Plateau'schen Irradiationslehre, die seither schon mehrfach berührte Continuitätstheorie, einer näheren Betrachtung zu unterwerfen. Schon gelegentlich des VI., VII. und VIII. Lehrsatzes wurden einige Erörterungen über diesen Gegenstand nöthig, auf welche ich mich jetzt zurückbeziehen darf.

Hören wir zunächst, in ihrem Zusammenhange, die von Plateau gegebene Theorie.

„(45.) — Das Princip der Continuität, auf welchem diese Theorie beruht, ist so einfach, daß, wenn die Irradiation nicht bekannt wäre, es scheint, man müsse sie *a priori* voraussehen können. Gesetzt nämlich, es werde ein leuchtender oder erleuchteter Gegenstand auf einem vollkommen schwarzen Grund unverwandt betrachtet. Das von diesem Gegenstand ausfließende Licht wird ein bestimmtes Stück der Netzhaut treffen, und der Rest des Organs wird durchaus keine unmittelbare Erregung erleiden. Ist es aber denkbar, daß die Theile der Netzhaut, welche den direct erregten Theil zunächst umgeben, in völliger Ruhe bleiben? Man kann nicht annehmen, daß ein Zustand von kräftiger Erregung und der Zustand völliger Ruhe sonach auf demselben Organ in unmittelbarer Berührung stehen. Man wird also *a priori* zu dem Glauben geführt, daß rings um das Bild des Gegen-

standes sich etwas zeigen müsse, - welches den allmählichen Uebergang macht zwischen dem Erregungszustand des der directen Einwirkung des Lichts unterworfenen Theils der Netzhaut und dem Ruhezustand der entfernteren Theile. Wie nun auch dieser Uebergang geschehe, so muß man es doch für höchst wahrscheinlich halten, daß sich die Erregung rings um den vom Licht getroffenen Raum bis zu einem mehr oder weniger großen Abstände fortpflanze, ohne ihre Natur zu ändern, und daß daraus die Empfindung eines vergrößerten Bildes entspringen müsse.“

„(46.) Die Irradiation wäre also, in Bezug auf den *Raum*, das, was die bekannte Erscheinung des Beharrens der Eindrücke auf die Netzhaut für die *Zeit* ist. Einerseits *beharrt* der Eindruck auf die Netzhaut noch einige Augenblicke, wenn sie, *nachdem* sie eine gewisse Zeit hindurch dem Lichte eines Gegenstandes ausgesetzt war, plötzlich dieser Einwirkung entzogen wird. Andererseits *breitet* sich der Eindruck rings um das Bild des Gegenstandes bis zu einem kleinen Abstände *aus*, *während* die Netzhaut der Einwirkung des von diesem Gegenstande ausgehenden Lichtes unterworfen ist. Beide Erscheinungen wären demnach Resultate eines einfachen Gesetzes der Stetigkeit, vermöge dessen, wenn ein Theil des Organs aus seinem Normalzustand gerissen ist, der daraus hervorgehende dynamische Zustand weder augenblicklich aufhören, noch unmittelbar an einen Zustand gänzlicher Ruhe grenzen kann.“

„(47.) In dieser Betrachtungsweise geschähen die Uebergänge der Erregung zur Ruhe, sowohl die zeitlichen, als die räumlichen, nicht bloß durch das Beharren der Eindrücke und durch die Irradiation, sondern sie würden vervollständigt durch die unter dem Namen der *zufälligen Farben* bekannten Erscheinungen. Ich habe versucht, alle diese Erscheinungen zu verknüpfen durch eine allgemeine Theorie, die auf vorstehende Stetigkeits - Betrachtungen gegründet ist, und von der man einen Abriss in den *Annales de chimie et de physique* (1833, August, p. 386) findet. Kehren wir indess zur Irradiation zurück.“

»(48.) Man hat gesehen, wie einfach und natürlich die Erklärung des Phänomens durch eine seitliche Fortpflanzung des Eindrucks erscheint. Zu diesen rein rationellen Betrachtungen können wir nun Thatsachen hinzufügen. Es giebt deren, die augenfällig beweisen, daß in gewissen Fällen ein Eindruck sich seitwärts fortpflanzen kann. Bekanntlich scheint der kleine Raum, der auf der Netzhaut der Einfügung des optischen Nerven entspricht und *punctum coecum* genannt wird, für die directe Einwirkung des Lichts unempfindlich zu sein. Legt man nämlich auf eine schwarze Fläche einen kleinen weissen oder farbigen Gegenstand, schließt eins der Augen und richtet das andere so, daß das Bild dieses Gegenstandes auf die erwähnte Stelle der Netzhaut fällt, so verschwindet der Gegenstand. Nimmt man dagegen, statt des farbigen Gegenstandes auf schwarzem Grunde, einen schwarzen Gegenstand auf farbigem Grunde, so verschwindet der Gegenstand eben so gut, und die Farbe des Grundes breitet sich über den von ihm eingenommenen Raum aus. Daraus folgt offenbar, wie schon Sir D. Brewster bemerkt hat, daß die Stelle der Netzhaut, wo der optische Nerv eingefügt ist, durch Mittheilung erregt wird. Mit andern Worten, der umgebende Eindruck breitet sich seitwärts über diese Stelle aus.«

»Wenn man demnach die Irradiation durch eine Seitenfortpflanzung des Eindrucks erklärt, so thut man nicht mehr, als daß man der Gesammtheit der Netzhaut eine Eigenschaft beilegt, die dieses Organ ohne Widerrede auf einem kleinen Stück seiner Ausdehnung besitzt. Zwar könnte man einwerfen, daß das *punctum coecum* nicht mit dem Rest des Organs zu vergleichen sei, weil es nicht für das directe Licht empfänglich zu sein scheint; allein dieser Einwand fällt weg vor einer anderen Beobachtung Brewster's. Dieser Physiker hat nämlich erwiesen, daß wenn der Gegenstand, welcher Licht direct auf das *punctum coecum* sendet, sehr hell ist, er nicht ganz verschwindet, und daß man an seiner Stelle ein schwaches, nebelhaftes Licht erblickt; man kann sich davon mittelst einer Kerzenflamme überzeugen. Daraus folgt, daß das *punctum coecum* nicht ganz der Fähig-

keit ermangelt, welche der Rest der Retina besitzt. Wir müssen also annehmen, der Raum, den es einnimmt, sei weniger empfindlich für directe Eindrücke, pflanze aber die Seiteneindrücke sehr leicht und in grofse Ferne fort, denn dieser Raum hat eine Winkelbreite von mehreren Graden; dagegen müssen wir den Rest des Organs als sehr empfindlich für directe Eindrücke; aber als die Seiteneindrücke nur in kleine Abstände fortpflanzend betrachten.“

„(49.) Eine Thatsache, welche die Rechtmäfsigkeit dieser Schlüsse unterstützt, ist folgende von mir beobachtete, die so ausgesprochen werden kann :

Die Irradiation nimmt zu mit der Dauer der Beschauung des Gegenstandes.“

Plateau erweist nun diesen Satz mit dem bei IX mitgetheilten Versuche und fährt §. 50 fort :

„(50.) Nun nehmen die Physiker an, dafs die Netzhaut durch die Dauer des Anschauens immer unempfindlicher für das Licht werde, und in dem ersten Abschnitte meiner Abhandlung über die oben citirten Gesichterscheinungen habe ich eigens durch einen Versuch gezeigt, dafs dem wirklich so ist, obwohl ich von der Thatsache eine von der gewöhnlichen abweichende Erklärung gab. Wenn wir diese Thatsache mit der im vorigen Paragraph erwähnten zusammenstellen, so können wir daraus folgern, dafs in dem Mafse, als das directe Licht seine Macht auf die Netzhaut zu verlieren scheint, der fortgepflanzte Eindruck sich darin mehr entwickelt, und, wie man sieht, entspringt daraus eine Analogie mehr zwischen dem punctum coecum und dem Rest des Organs.“

„(51.) Verlangt man endlich Thatsachen, welche die seitliche Fortpflanzung des Eindrucks nach andern Theilen der Netzhaut als das punctum coecum beweisen, so braucht man nur die von Sir Brewster beigebrachten Erfahrungen zu erwähnen. Man lege auf farbigen Grund einen schmalen Streifen weifsen Papiers, oder ziehe auf eine weifse Fläche

einen schwarzen Strich, richte dann das Auge unverwandt auf einen andern Punkt, der 7 bis 8 Centim. von dem kleinen Gegenstand entfernt ist und zwar so, daß man diesen letzteren nur indirect sieht. Wenn man das Auge recht unbeweglich hält, so verschwindet der Gegenstand nach einigen Augenblicken vollständig, und die Farbe der umgebenden Fläche scheint sich über die von ihm eingenommene Stelle auszubreiten. Dieselben Erscheinungen also, die sich beim punctum coecum zutragen, ereignen sich auch an andern Stellen der Netzhaut, sobald man durch eine verlängerte Beschauung die Empfindlichkeit dieser Theile für directe Eindrücke verringert hat. Die Seitenfortpflanzung der Eindrücke zu den benachbarten Theilen der Netzhaut, und die Beziehung dieser Erscheinung zu der größern oder geringeren Empfänglichkeit des Organs für directe Eindrücke scheinen mir also gegenwärtig fast erwiesen.“

„(52.) Rationelle Betrachtungen, Analogie und Erfahrungen unterstützen demnach auf eine merkwürdige Weise die Theorie, welche die Irradiation von einer Seitenfortpflanzung des Eindrucks herleitet. Sehen wir jetzt, ob nicht die nämliche Theorie die verschiedenen Gesetze derselben erklären und aus einigen derselben neue Argumente zu Gunsten ihrer ziehen könne.“ Soweit Plateau.

§. 67.

Wenn man die Aufgabe des Sehens und die anatomische Structur der Netzhaut bedenkt, so glaube ich nicht, daß eine so mangelhafte Einrichtung vorausgesetzt werden möchte, wie solche nothwendig wäre, um die nach Plateau (§. 45) *a priori* vermuthbare Continuitätsirradiation zu Stande kommen zu lassen. Die Nerven Elemente der Netzhaut sind einander allerdings sehr nahe Nachbarn; aber keiner hat mit dem andern in der Weise etwas zu thun, wie Plateau anzunehmen scheint. Jedes vom Licht berührte Element bringt seine Botschaft zum Nervencentrum und läßt den Nachbar unangefochten. Es stünde schlimm um das Sehen, wenn

dem anders wäre; es würde etwas Aehnliches sein, als wenn ein Maler auf eine benetzte Fläche malen wollte, die alle Farben auseinanderfließen machte. — Plateau bleibt sich indessen consequent; es gibt bei ihm kein deutliches Sehen, denn »in der Entfernung des deutlichen Sehens« irradiiren die Objecte. —

In §. 46 wird mit Analogien theoretisirt; wir finden eine Gegenüberstellung von »Zeit« und »Raum«, »beharren« und »ausbreiten«, »während« und »nachdem«. — Aehnlich in §. 50; weil das punctum coecum directe Eindrücke in beschränktem Grade, seitlich fortgepflanzte gut aufnimmt, so wird der übrigen Netzhaut, die für directe Eindrücke sehr empfindlich ist, für seitliche Eindrücke ein gewisser Grad von seitlicher Fortpflanzungsfähigkeit zugeschrieben. — Mit welchem Rechte diese Annahme gemacht wird, ist jedenfalls zweifelhaft; denn immerhin könnte für die dem Eintritte der Arteria centralis retinae entsprechende Stelle des Bildes eine Anordnung vorhanden sein, keine Lücke im Bilde entstehen zu lassen, während der übrigen Netzhaut für seitliche Heranziehung der benachbarten Eindrücke alle Tendenz und Organe abgingen.

Nun findet Plateau (§. 50) in dem Factum, daß die Netzhaut mit der Dauer des Anschauens (durch Abstumpfung) immer unempfindlicher gegen das dunklere Licht wird, die Irradiation mit der Dauer der Beschauung aber wächst, eine Analogie mehr zwischen dem direct wenig, von der Seite her leicht reizbaren punctum coecum, und dem durch Ueberreizung und Abstumpfung dem punctum coecum ähnlich gewordenen Reste der Netzhaut. Aber die vom Lichte überreizte, stärker irradiirende Stelle der Netzhaut theilt ja keineswegs die Function des punctum coecum, sie empfängt ja nicht den Eindruck ihrer Umgebung, sondern umgekehrt. Wenn man demnach die Irradiation durch eine Seitenfortpflanzung des Eindruckes zu erklären sucht (§. 48), so thut man, wie mir scheint, etwas ganz Anderes, als daß man der Gesammtheit der Netzhaut eine Eigenschaft beilegte, die dieses Organ auf einem kleinen Stücke seiner Ausdehnung ohne Widerrede besitzen soll; denn die Eigenschaft, welche

dem punctum coecum beigelegt wurde, ist ja nicht die des seitlichen Entsendens direct empfangener Eindrücke, sondern nur die Fähigkeit, Eindrücke seiner Umgebung zu empfangen.

§. 68.

Ich halte nach diesen Betrachtungen Plateau's Continuitätswirkung für problematisch und die aus dem punctum coecum hergeleiteten Gründe für nicht stichhaltig. Aber, von theoretischen Gründen abgesehen: der Versuch, ja die gewöhnliche Erfahrung widerlegen die Continuitätstheorie. Die Irradiation, auf Continuität beruhend, müßte die beständige Begleiterin und Störerin jeglichen Sehens sein.

Wir haben nun Plateau auf seinem Wege zu folgen, wenn er die verschiedenen Gesetze der Irradiation durch Continuitätswirkung zu erklären und umgekehrt die Continuitätstheorie durch die Erscheinungen der Irradiation zu stützen sucht.

Was zunächst die schon §. 49 (Pl.) angezogene Erscheinung, das Wachsen der Irradiation mit der Dauer der Beschauung betrifft (Lehrsatz IX), so möchte es der Continuitätstheorie nicht günstig sein, daß die dauernde Beschauung, mag diese nun sonst bewirken, was sie immer will, zugleich auch Veränderungen des Refraktionszustandes bewirkt, von welchen die Irradiation jedenfalls nicht unschwer abzuleiten ist, ja die bei diesseits und jenseits der Sehweite hin und herrückendem Objecte in zweierlei Sinne sich abändernde Irradiation einzig und allein. —

§. 53 findet Plateau in der bei verschiedenen Individuen und zeitweise bei einer und derselben Person verschieden starken Irradiation (Lehrsatz XI und X) eine Consequenz der von ihm gegebenen Theorie; die Erklärung durch den bei verschiedenen Personen verschiedenen Refraktionszustand, der durch Nerveneinflüsse vorübergehend

abgeändert wird, darf sich wohl eben so gut vernehmen lassen. —

Wenn Plateau §. 54 behauptet, die Continuitätstheorie erkläre sehr einfach, warum die Irradiation um so größer erscheine, je entfernter der leuchtende Gegenstand (III und IV), so möchte ich fragen, warum die Irradiation in anderen Fällen um so größer erscheint, je näher der leuchtende Gegenstand sich beim Auge befindet (vgl. §. 34). —

Ist das Ausbleiben der Irradiation innerhalb der Sehweite eines der wichtigsten Argumente gegen die durch Continuitätswirkung entstehende Irradiation, so sucht Plateau §. 71 durch den Versuch mit der Argand'schen Lampe (Lehrsatz II) jene Wahrheit umzustossen. Ich lasse die innerhalb der Sehweite sich entwickelnde Irradiation jetzt dahingestellt sein; aber ich frage: was macht Plateau mit den aufserhalb der Sehweite nicht hinwegzuleugnenden Zerstreuungskreisen? — Er spricht nicht davon.

Nach §. 80 giebt die Continuitätshypothese vollkommenen Aufschluß über die bei zunehmender Helligkeit erfolgende Zunahme der Irradiation (Satz V), indem »eine kräftigere Erregung sich in größere Entfernungen erstrecken müsse.« Es wäre consequent, wenn die Erregung sich in um so größere Entfernungen erstreckte, je mehr die Helligkeit zunimmt (vgl. §. 35); aber das Letztere findet, wie Plateau selbst bewiesen, keineswegs Statt. — Dafs ein leuchtendes Object, wiewohl es mit seiner größeren Entfernung einen Theil seiner Helligkeit einbüßt, dennoch aber bei grösserer Entfernung immer stärker irradiirt, ist nach Aufstellung des III. Lehrsatzes kein Einwand gegen den V. —

Zur Begründung des VI. Lehrsatzes sagt Plateau §. 91:

»Nach den Thatsachen und Bemerkungen der §§. 48—51 befolgt das Auge in seiner Neigung, fortgepflanzte Eindrücke aufzunehmen, einen umgekehrten Gang, wie in der, unmittel-

bare aufzunehmen. Es ist daher zu glauben erlaubt, daß wenn das Licht direct auf ein Stück der Netzhaut wirkt, dieses Stück eben dadurch weniger fähig zur Aufnahme eines fortgepflanzten Eindrucks werde. Danach begreift man, daß wenn der Grund, auf welchem der leuchtende Gegenstand erscheint, seinerseits auch eine gewisse Lichtmenge in das Auge schickt, der dadurch erzeugte directe Eindruck der Irradiation des Randes vom Gegenstande entgegenwirkt, und das um so mehr, als die Helligkeit des Grundes beträchtlicher ist.“

„(92.) Dies angenommen, denke man sich einen Gegenstand, der auf einem nicht gänzlich des Lichts beraubten Grunde steht, und nehme an, daß man die Helligkeit dieses Grundes allmählig wachsen lasse. Die längs dem Umriss des Gegenstandes entstandene Irradiation wird dann abnehmen, bis die Helligkeit des Feldes der des Gegenstandes gleich geworden ist. Wenn über diese Grenze hinaus die erstere wächst, wird offenbar das Feld seinerseits eine Irradiation erzeugen, die über den Gegenstand wegreift und sich folglich in Rücksicht auf die wahre Umrisslinie des Gegenstandes in umgekehrtem Sinn wie die frühere entwickelt. Die Irradiation geht also gleichsam aus dem Positiven in das Negative. Dieser Uebergang, der eine directe Folge bekannter Thatsachen ist, berechtigt zu der Annahme, daß in dem Augenblick, da die Helligkeit des Feldes der des Gegenstandes gleich geworden ist, die Irradiation des letzteren auf Null herabsinkt; und da die Wirkung wechselseitig sein muß, werden, wenn man statt eines Gegenstandes und eines umgebenden Feldes zwei Gegenstände von gleicher Helligkeit in Berührung stehend annimmt, die Irradiationen beider in der Berührungslinie Null sein.“

Ich erlaube mir hier nur eine einzige Bemerkung. Ein zur Hälfte blaues, zur Hälfte rothes Object, dessen beide Farben genau einerlei Helligkeit besitzen, zeigt außerhalb der Sehweite ein Zwischenbild, und ich würde, wenn ein solches Zwischenbild gefärbter Felder bei Plateau als Irradiationserscheinung überhaupt gelten darf, sagen: die Irra-

diationen verhalten sich hier in der Berührungslinie der Felder nicht gleich Null. Jedenfalls könnte das Auftreten des violetten Zwischenfeldes nur als Continuitätswirkung gedacht werden: welches der beiden Felder soll nun das andere zur seitlichen Reizentsendung disponirt haben? welches soll zur Aufnahme disponirt gewesen sein, da beide von einerlei Helligkeit sind? —

§. 94 spricht sich Plateau über die Continuitätstheorie in Bezug auf den VIII. Lehrsatz aus; es schien mir für die Besprechung dieses Lehrsatzes zweckmäfsig, jenen Paragraphen schon dort mitzutheilen, derselbe findet sich in §. 39 dieser Abhandlung. Hier möge nur bemerkt werden, wie es nicht gerechtfertigt scheint, anzunehmen, dafs, wenn in dem einen Falle zwei aneinandergrenzende, von hellem Lichte berührte Netzhautstellen durch eine Art Abstofsung sich vor Continuitätswirkung schützen sollen, nun »aus der nämlichen Ursache« eine solche Abstofsung sich auch dann geltend machen solle, wenn die hellen Lichteindrücke durch einen kleinen Zwischenraum *getrennt* sind. Denn durch das Dazwischenschieben der reizlosen Stelle ist die Continuität ja aufgehoben; Continuitätswirkung könnte ich mir nur von Nachbar zu Nachbar denken, und nicht mit Ueberspringung eines einzelnen. Das schmale, dunkle Zwischenfeld wäre demnach der Continuitätswirkung von zwei Seiten her ausgesetzt und müfste um so weniger sich erhalten können. —

Den bei Weitem gröfseren Theil seiner Untersuchungen beschliesst Plateau, §. 96, mit folgenden Worten:

»Aus der Gesammtheit dieses Abschnitts der Abhandlung geht hervor, dafs die Hypothese von einer Fortpflanzung der Eindrücke auf die anliegenden Theile der Netzhaut nicht blos auf apriorische Betrachtungen, auf Analogie und auf fast entscheidende Thatsachen gestützt ist, sondern überdies alle Gesetze der bei blofsem Auge auftretenden Irradiation auf eine genügende Weise erklärt.«

Es folgen hierauf die Versuche mit Loupen und Concavbrillen, und nun endlich (§. 105) spricht Plateau das goldene Wort:

„Kann diese Wirkung der Linsen auf unsere Theorie der Irradiation zurückgeführt werden? Das scheint mir schwierig, ich bekenne es.“

§. 69.

Sollte Plateau wirklich in Beziehung auf die Irradiation geirrt haben, und sollte ich dann fragen dürfen: Was war wohl die Ursache dieses Irrthums? — so möchte ich glauben, sie lag hauptsächlich darin, daß Plateau die diesseits der Sehweite sich entwickelnde Irradiation nicht kannte, oder ihren Gegensatz zu der durch zu große Entfernung bedingten nicht gewürdigt hat.

Bei **Kepler** aber lesen wir die Stelle:

„Das Weiße bewirkt darum, daß Bilder, welche an derselben Stelle der Netzhaut minder hell hingemalt werden, da, wo auch dieses seine Grenzen überschritten hat (es bilden aber Zerstreuungskreise sowohl allzu **entfernte** Gegenstände, als auch allzu **nahe**) gänzlich verschwinden und ihre Stelle dem Weißen überlassen.“

Wiederholung der Plateau'schen Irradiationsgesetze.

§. 70.

Indem ich die von Plateau am Schlusse seiner Abhandlung zusammengestellten, in diesem Capitel einzeln besprochenen Irradiationsgesetze und Folgerungen in ihrer Aneinanderreihung wiedergebe, erlaube ich mir zugleich, zur größeren Uebersicht vorstehender Bearbeitung, eine im Sinne der letzteren modificirte Form jener Sätze hinzuzufügen.

1.

Die Irradiation ist eine wohl festgestellte, leicht zu erweisende, sehr veränderliche, aber *unter allen Umständen genau meßbare Thatsache.*

2.

Sie zeigt sich bei *jeder* Entfernung des sie erzeugenden Gegenstandes, von der kürzesten des deutlichen Sehens bis zu jeder beliebigen.

3.

Der Gesichtswinkel, den sie umspannt und der sie mißt, ist *unabhängig* von der Entfernung des Gegenstandes.

4.

Daraus folgt, daß die absolute Breite, welche wir ihr beilegen, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, *proportional* ist der Entfernung, die zwi-

1.

Die Irradiation ist eine wohl festgestellte, leicht zu erweisende, sehr veränderliche und *nicht unter allen Umständen genau meßbare Erscheinung.*

2.

Die Irradiation *fehlt*, sobald das Auge (durch seinen normalen Refraktionszustand, oder unter Mitwirkung seines Accommodationsvermögens, oder durch Zuziehung äußerer Accommodationsmittel) der Entfernung des Objectes angepaßt ist. In allen anderen Fällen tritt Irradiation ein, und zwar um so mehr, je weiter das Object jenseits der Sehweite entfernt, oder diesseits derselben dem Auge genähert wird.

3.

Der Gesichtswinkel, den sie umspannt und der sie mißt, ist *abhängig* von der Entfernung des Gegenstandes, von den Brechungsverhältnissen des Auges und von den Helligkeitsgraden der concurrirenden Bilder.

4.

Die Breite der Irradiation ist bei Gleichheit aller übrigen Umstände *proportional* der Abweichung des Objectes aus der Sehweite.

schen dem Gegenstand und unserem Auge vorhanden ist, oder uns scheint vorhanden zu sein.

5.

Die Irradiation wächst mit der Helligkeit des Gegenstandes, *aber weit weniger rasch als diese.* Verzeichnet man das Gesetz durch eine Curve, welche die successiven Werthe der Helligkeit von Null ab zu Abscissen, und die entsprechenden Werthe der Irradiation zu Ordinaten hat, so geht diese Curve durch den Anfang der Coordinaten, kehrt ihre Concavität gegen die Abscissenaxe und besitzt eine dieser Axe parallele Asymptote. Für eine Helligkeit, wie die des Himmels gegen Norden ist die Curve schon sehr ihrer Asymptote nahe.

6.

Wenn das den Gegenstand umgebende Feld nicht völlig lichtlos ist, so wird die Irradiation geschwächt, desto mehr, als die Helligkeit des Feldes sich der Gleichheit mit der des Gegenstandes nähert. Tritt diese Gleichheit ein, so verschwindet die Irradiation.

5.

Die Irradiation wächst mit der Helligkeit des Gegenstandes. Sinkt diese bis zu sehr niederen Graden, so nimmt die Irradiation in raschen Sprüngen ab, indem statt Ueberhörtwerdens des wenig dunkleren Grundes ein Mittelton erfolgt. Hat aber die Helligkeit diejenige Stärke erreicht, bei welcher auch die äußersten Zerstreuungskreise den dunkleren Grund vollständig bewältigen, *so kann Zunahme der Helligkeit die Irradiation nicht weiter vergrößern.*

6.

Die Irradiation eines hellen Gegenstandes verliert um so mehr, jemehr der umgebende Grund an Helligkeit gewinnt. Besteht *Gleichheit der Helligkeit*, aber *Verschiedenheit der Färbung*, so fehlt die Irradiation, insofern unter Irradiation Wachsen eines hellen Bildes auf Kosten eines dunkleren verstanden wird; es erfolgt aber Schmälerung beider Bilder zu Gunsten eines die Misch-

7.
Daraus folgt, daß wenn zwei gleich helle Gegenstände einander berühren, die Irradiation für jeden von ihnen im Punkte oder der Linie der Berührung Null ist.

8.
Zwei benachbarte und hinreichend nahe Irradiationen erleiden beide eine *Schwächung*. Diese Schwächung ist

farbe tragenden *Zwischenbildes*. Bei *ungleicher Helligkeit* fällt die Mischfarbe um so mehr im Sinne der helleren Farbe aus, je mehr die Helligkeitsgrade verschieden sind. — Besteht bei gleicher Helligkeit Gleichheit der Färbung (also nur Ein gleichmäßiger Licht-eindruck), so fehlt nicht nur die im gewöhnlichen Sinne verstandene Irradiation, sondern auch das Zwischenbild, indem die ineinandertretenden Zerstreuungs-Kreise überall gleichartig gemischt sind.

7.
Hieraus folgt, daß, je nach den Helligkeits- und Färbungsverhältnissen der concurrirenden Bilder, eine *übertönende*, eine *mischende* und eine *indifferente* Einstrahlung unterschieden werden kann. — Von der Gröfse des Helligkeitsunterschiedes hängt es ab, ob z. B. übertönende Irradiation in dem ganzen Bereiche der Zerstreuungskreise zur Wirkung kommt, oder ob an der Peripherie *mischende* Irradiation sich hinzugesellt.

8.
Gewisse Versuche veranlaßten die Annahme einer „*gegenseitigen Beeinträchtigung*“ einander nahe benachbarter Ir-

desto beträchtlicher, als die Ränder der leuchtenden Räume, von denen die beiden Irradiationen ausgehen, einander näher sind.

9.

Die *Irradiation* nimmt zu mit der Dauer der Anschauung des Gegenstandes.

10.

Bei demselben Individuum und bei einem Gegenstand von gleicher Helligkeit schwankt die *Irradiation* von einem Tage zum andern.

11.

Die von einer und derselben Helligkeit erregte mittlere *Irradiation* ist sehr verschieden von einem Individuum zum andern.

12.

Die *Irradiation* wird abgeändert, wenn man eine Linse vor das Auge bringt. Sie wird *verringert durch convergirende Linsen* und *erhöht durch divergirende*.

radiationen. — Was die in Frage stehende Erscheinung bedingt, hat nichts gemein mit den Ursachen der *Irradiation*, sondern beruht auf einer *eigenthümlichen Wirkungsweise der Netzhaut*, nach welcher, je nach Anordnung der Figuren, der Effect der *Irradiation* bald *vermindert*, bald *vermehrt* wird.

9.

Irradiation durch zu grofse *Entfernung* des Gegenstandes nimmt zu, *Irradiation* durch zu grofse *Nähe* nimmt ab mit der Dauer des Anschauens.

10.

Wie Plateau.

11.

Wie Plateau.

12.

Irradiation wegen zu grofser *Nähe* des Objectes wird vermindert durch convergirende Linsen, erhöht durch divergirende. Umgekehrt wird *Irradiation* wegen zu grofser *Entfernung* des Objectes durch

convergirende Linsen erhöht, durch *divergirende* vermindert.

Jede Linse hebt bei einer bestimmten Entfernung des Objectes die Irradiation *gänzlich auf*; bei derjenigen nämlich, in welcher Auge plus Linse dem Objecte accommodirt ist.

13.

Diese Wirkung der Linsen scheint nur von deren Brennweite abzuhängen, und nicht von den absoluten Krümmungen ihrer Oberflächen. Sie scheint desto *stärker* zu sein, je *kürzer* die Brennweite ist.

14.

Die wahrscheinlichste Ursache der Irradiation scheint die jetzt *allgemein angenommene* zu sein, nämlich : dafs *der durch das Licht erzeugte Reiz sich auf der Netzhaut ein wenig über den Umrifs des Bildes fortpflanzt*. Mittelst dieses Satzes, der übrigens auf Thatfachen gestützt ist, kann man alle Gesetze der mit bloßem Auge beobachteten Irradiation erklären; allein man stößt auf Schwierigkeiten, wenn man die Wirkung der Linsen in Betracht zieht.

13.

Die Irradiation wird durch eine Linse in *demselben Verhältnisse* abgeändert, als die Brechkraft des Auges durch die Linse *vermehrt oder vermindert* wird.

14.

Die wahrscheinlichste Ursache der Irradiation scheint die *bereits von Kepler* namhaft gemachte zu sein : *Bildung von Zerstreungskreisen und vorherrschende Wirkung derjenigen des hellen Bildes*.

Cap. III.

Die Irradiation seit dem Erscheinen der
Arbeiten Plateau's.

§. 71.

Seit dem Erscheinen der Arbeiten Plateau's schienen die Acten unseres Gegenstandes so ziemlich für geschlossen zu gelten. Die Lehre Plateau's ist in die meisten Lehrbücher übergegangen, die Mehrzahl der Abhandlungen, welche über den Gesichtssinn erschienen sind, huldigen jener Theorie und unter den unten aufgeführten Autoren findet sich nur bei Brücke ein Zweifel, ob die Ursache der Irradiation ausschließlich in der Nervenhaut gelegen sei. —

Das Lehrbuch von Pouillet-Müller, welches den Gegenstand getreu nach Plateau darstellt, überging ich um so mehr, als der betreffende Paragraph bereits in der Einleitung gegeben wurde.

Baumgartner.

(Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande, mit Rücksicht auf mathematische Begründung. 8te Auflage. Wien, 1845.)

§. 72.

Seite 663, in einer Note, sagt Baumgartner:

„Im Sinne der Fibrationshypothese muß das Sehen vermöge äußerst rascher Schwingungen vor sich gehen, in welche die Netzhaut durch den Einfluß einer großen Reihe von Aetherfibrationen versetzt wird.“ — „Schwingungen, welche außerhalb der Grenzen des Spectrums liegen, erregen die Empfindung des Sehens nicht mehr, weil denselben die Elasticität der Netzhaut nicht günstig ist.“ —

Wir fanden und werden weiter finden, daß Andere den Stofs der Aetherwellen im Gegentheile zur seitlichen Fortpflanzung benutzen. Mit dem »im Sinne der Fibrations-theorie« Gesagten scheint indessen Baumgartner in Bezug auf die Irradiation nicht einverstanden zu sein, indem er Letztere folgendermafsen abhandelt :

»(§. 363.) Es ist nicht zu bezweifeln, daß die Netzhaut allein der wahre Sitz der dem Sehen entsprechenden Nerven-affection sei, doch beschränkt sich die Wirkung des Lichtes nicht auf die unmittelbar getroffene Stelle, sondern erstreckt sich auch auf die nächste Umgebung derselben, etwa so, wie ein Druck auf ein gespanntes Tuch rings um die gedrückte Stelle eine Einbiegung erzeugt (Pogg. Ann. 27, 490; 29, 339; Zeitschrift n. F. 2, 236). Hierauf beruht das Phänomen der sogenannten Irradiation, welches darin besteht, daß ein schmaler heller Gegenstand auf einem dunklen Grunde merklich breiter erscheint.« —

Rudolf Wagner.

§. 73.

In Rudolf Wagner's Lehrbuch der Physiologie finden wir in dem die Actionen der Netzhaut abhandelnden Capitel eine Erscheinung, die ein Effect der Irradiation sein dürfte, auf eine andere Weise erklärt; es betrifft einen Gegenstand, welcher in dieser Abhandlung in einem Zusatze zu §. 2 (S. 12) berührt wurde.

Lehrbuch der Physiologie, 3. Auflage, 1845, S. 404 :
 »Sollen die Bilder der äufseren Objecte, welche auf der Netzhaut abgebildet werden, einen vollkommen deutlichen Eindruck hervorrufen, so müssen sie in der passenden Vereinigungsweite von der Linse zu Stande kommen und in die Nähe des Endpunktes der Augenaxe oder des gelben Flecks fallen. Außerdem aber müssen die Objecte vollkommen gut

beleuchtet sein, um die Energie der thätigen Netzhauttheilchen anzuregen. Drittens aber müssen die Objecte eine bestimmte Größe haben, um isolirte Bilder hervorzubringen. Es giebt auf der Nervenhaut kleinste Stellen, welche distincter Eindrücke fähig sind, oder räumlich getrennte Gegenstände auch räumlich getrennt empfinden lassen. Jenseits dieser kleinsten Theile mischen sich die Eindrücke. Ein sehr einfaches Beispiel geben Kupferstiche ab, deren Wirkung darin besteht, daß die auf weißem Grunde gezogenen Linien oder Punkte in der Ferne sich zu Graumischen. In der Nähe betrachtet fällt jeder schwarze Punkt oder Strich auf ein isolirtes Netzhauttheilchen und wird auch als isolirter Eindruck empfunden.“

Hierzu die Note (Seite 405) :

„Mikroskopische Objecte zeigen, wie viele isolirte Farbtheilchen im unbewaffneten Auge sich zu gemischten Eindrücken verbinden. So besteht sehr vieles Grau in der Natur, z. B. an Mäuse- und Maulwurfshaaren etc., aus mikroskopisch unterscheidbaren, schwarzen und durchsichtigen Elementen der Haare. Das Grün vieler Federn, z. B. bei der Kohlmeise, am Spiegel der Ente, ist ein gemischter Eindruck aus blauen Federn auf gelbem Grunde.“ —

Es muß vollkommen zugestanden werden, daß die Wahrnehmung von Mischfarben in der Sehweite betrachteter Objecte, die aber bei mikroskopischer Untersuchung die mischenden Farben isolirt zeigen, auf dem von Wagner angegebenen Grunde beruht. Bei den aus einiger Entfernung betrachteten Kupferstichen aber glaube ich, daß die Ineinandermischung der Striche und des Grundes — in der Regel wenigstens — auf Irradiation beruhe. Mit Hülfe eines Augenglases unterscheiden wir auf das Genaueste die einzelnen schwarzen Striche, aus einer Entfernung, die vorher Vermischung zeigte; das Bild wird bei Zuziehung des Glases häufig auf eine noch kleinere Netzhautstelle zusammengedrängt, als bei bloßem Auge, aber die Netzhautelemente zeigen sich ausreichend zu distincter Perception. Wir erkennen hieraus, daß das

Verschwinden der einzelnen Strichlein unter mangelnder Accommodation zu Stande kam; und, da es sich um schwarze und weisse Objecte handelt, so giebt sich das angeführte Beispiel auch dadurch als Irradiationserscheinung zu erkennen, dafs das nicht accommodirte Bild mehr Weiss darbietet, als bei einfacher Vermischung seiner Elemente, dem Vorrathe der schwarzen Striche nach, der Fall sein dürfte. — Dieselben Verhältnisse treten ein, wenn das Auge dem Kupferstiche zu nahe gebracht wird, während hier doch überflüssig grofse Netzhautbilder entstehen.

Wählt man eine so grofse Entfernung, dafs die Elemente der Netzhaut wirklich nicht mehr ausreichen würden, so ist wohl kein Kupferstich so fein, dafs nicht bereits längst vorher durch Irradiation Vermischung erfolgt wäre. Ich kenne keinen Kupferstich, dessen Schattirung aus so feinen Elementen bestünde, dafs die Netzhauttheilchen zur distincten Perception nicht ausreichen, und der insofern mit jenen die mikroskopische Prüfung fordernden Objecten zu vergleichen wäre*). —

Die Irradiation finde ich in dem citirten Lehrbuche nicht abgehandelt. —

Ruete.

(Lehrbuch der Ophthalmologie. 1845.)

§. 74.

Ruete fafst, wie schon Joh. Müller gethan, unter dem Namen Irradiation eine gröfsere Anzahl subjectiver Gesichtsphänomene zusammen, während viele andere Schriftsteller verschiedene, auch in anderen Sphären des Nervensystems vorkommende, meist als Mitempfindungen be-

*) Ich habe Fibrillen, aus welchen die Spinne ihren Faden zusammenwirkt, von nur 32 Hunderttausendtheilen Linie Durchmesser mit blofsem Auge in beliebige Richtungen gespannt und glaube, dafs jedes normale Auge ebensoweit und noch weiter reicht.

anspruchte Erscheinungen mit jenem Namen zu bezeichnen pflegen. Das Letztere möchte am Wenigsten zu rechtfertigen sein, indem jene bildliche Benennung hypothetischer Wirkungen mit dem Namen eines gleichfalls nicht hinlänglich erklärten Phänomens allen Sinn verlieren würde, sobald man zugeben müßte, daß die optische Irradiation auf Mitempfindung gar nicht beruht.

Wenn Ruete die Täuschung Einäugiger, auch das erblindete Auge empfinde Weifs, als Irradiationserscheinung anführt, so gehört dies jedenfalls nicht zu den Erscheinungen der Irradiation im engeren, optischen Sinne. Von letzterer giebt Ruete in seinem mit Irradiation überschriebenen Capitel nicht ein einziges Beispiel. Dürfte darum das dort Gesagte auch auf die eigentliche Irradiation bezogen werden, so fänden wir in Ruete einen Gegner der physikalischen Ansicht, der aber nicht seitliche Fortpflanzung des Lichtindrucks annimmt, sondern die sich verbreitende Reizung, nach Art der Reflexerscheinungen, den Weg durch das Nervencentrum nehmen läßt.

Die betreffenden Stellen des citirten Werkes sind etwa die folgenden :

Seite 79. »Irradiation oder Mittheilung«.

»An die Nachbilder schliessen sich zunächst die Erscheinungen an, welche durch Irradiation oder Mittheilung des Zustandes eines Theils der Nervenhaut an andere erzeugt werden.«

»Es ist eine bekannte Thatsache, daß nur die von einer reizenden oder hemmenden Ursache getroffenen Nervenfasern, ohne Betheiligung der noch so nahe angrenzenden Fasern, exaltirt oder deprimirt werden. Soll demnach die Erregung einer Stelle der Retina auf eine andere übertragen werden, so geschieht dies nur dadurch, daß sich die ursprüngliche Empfindung im Gehirn anderen Fasern des Nerv. opticus mittheilt und dann nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinung auf das peripherische Ende der Nervenfasern in der Retina entweder in derselben oder in einer anderen Art bezogen wird.«

»1. Man betrachte einen Schnitzel farbigen Papiers auf einem weissen Grunde lange Zeit bis zur Ermüdung des Auges, so verschwindet auf einmal der farbige Eindruck auf eine kurze Zeit ganz, und an seine Stelle tritt der weisse Grund, so dafs das farbige Bild vom weissen Grunde wie weggewischt wird.«

— »Die Mittheilung des Zustandes eines Theiles der Netzhaut erfolgt nicht immer blos auf andere Theile derselben Netzhaut, sondern auch bei sehr heftigen Eindrücken auf die Netzhaut des anderen Auges, welches dem Lichteindrucke nicht ausgesetzt war.«

»2. Schon bei der Beschreibung der electricen subjectiven Lichterscheinungen wurde des Gegensatzes gedacht, der sich in dem Verhalten der Retina gegen die Electricität in der Peripherie und dem Centrum derselben zeigte. Ein ähnliches Verhältnifs bot sich uns bei dem Erscheinen der farbigen Nachbilder dar, indem dieselben ihre Farbe vom Umfange nach dem Mittelpunkte änderten. Ganz nach demselben Gesetze verändert in den jetzt zu beschreibenden Erscheinungen der ursprüngliche Eindruck den secundären so, dafs der erste bleibt, aber im secundären den Gegensatz ruft.«

»Ein graues Feld auf weissem Grunde erscheint dunkler gegen den weissen Grund, als wenn man dieselbe Tinte, das Grau allein über das ganze Sehfeld verbreitet betrachtet.« —

»Auch ist es ein bekanntes Factum, dafs jeder Schatten um so stärker durch Contrast sich hervorhebt, je heller dabei überhaupt die Beleuchtung ist, bei welcher er fällt.« — »Aber nicht blos farblose, sondern auch alle gefärbten Bilder heben sich durch den Contrast.«

Brücke.

§. 75.

In seinem Artikel »Visus«, im encyklopädischen Wörterbuch der med. Wissenschaften (herausgegeben von Busch, Dieffenbach, Hecker etc., Berlin, 1846, Band XXXV, Seite 409), spricht sich Brücke über die Irradiation — im Ganzen Plateau folgend — folgendermassen aus :

»Ehe wir diese Betrachtungen schliessen, müssen wir noch des Phänomens der Irradiation erwähnen, obgleich es noch nicht völlig ausgemacht ist, ob dieselbe ihren Grund ausschliesslich in Eigenschaften der Nervenhaut habe. Wenn man die Mondsichel ansieht« — etc. »Sieht man auf ein Damenbrett, dessen weisse und schwarze Felder genau gleich gross sind, so erscheinen die weissen Felder gröfser, als die schwarzen; im Allgemeinen scheinen helle Gegenstände auf dunklem Grunde gröfser, als sie sind, und dunkle Gegenstände auf hellem Felde kleiner, als sie sind. Die hieraus hervorgehenden optischen Täuschungen nennt man Irradiationserscheinungen. Sie sind um so auffallender, je gröfser der Contrast zwischen dem Bilde und dem Grunde ist; sie nehmen ferner mit der Dauer der Beschauung zu und erreichen allmählig ein Maximum, welches nicht überschritten wird. Wenn man die Irradiation durch den Winkel misst, um welchen die beobachtete scheinbare Gröfse eines Gegenstandes von der aus seiner wahren Gröfse und seiner Entfernung vom Auge berechneten verschieden ist, so ist sie bei einem und demselben Bilde, auf ein und demselben Grunde für alle Entfernungen constant. Schon Descartes leitete die Irradiation von einer Ausbreitung der Lichtempfindung auf der Nervenhaut her. Diese Ansicht, welche seither unter den Physiologen die gangbarste gewesen, dagegen von Physikern häufig bestritten worden ist *), ist in neuester Zeit durch

*) Plateau's ausführliche Zusammenstellung verzeichnet nur wenig Gegner der dynamischen Ansicht und, von Denen abgesehen, welche die

Plateau mit lehrreichen Versuchen und Argumenten unterstützt worden.“ —

Volkmann.

(Artikel „Sehen“ in R. Wagner's Handwörterbuch).

§. 76.

Im Abschnitte über das Einfach- und Doppeltsehen bezieht sich Volkmann mehrfach auf Erscheinungen, welche, während der Irradiation in jenem Aufsätze nicht gedacht ist, als Beispiele farbmischender Irradiation betrachtet werden können. — Die von Volkmann berichteten Beobachtungen und die daran geknüpften Schlüsse veranlafsten mich zu nochmaliger Wiederholung mehrerer der oben erwähnten Versuche. —

Nachdem in der citirten Abhandlung, Seite 326, vom Wettstreite der Sehfelder die Rede war, fährt Volkmann also fort:

„Ich fühlte mich veranlaßt, zu untersuchen, was entstehe, wenn verschiedenfarbiges Licht auf einen und denselben Punkt eines und desselben Auges falle, und erhielt das merkwürdige Resultat, daß selbst in solchen Fällen nicht nothwendig die reine Mischungsfarbe gesehen werde. Um verschiedenfarbiges Licht auf denselben Punkt der Netzhaut zu erhalten, betrachtete ich einen gefärbten Papierstreifen, welcher beträchtlich schmaler war, als der Durchmesser der Pupille, vor einem anders gefärbten Hintergrunde. Befindet sich nun letzterer in einer Entfernung von 12 bis 15 Zoll, der Papierstreifen dagegen etwa 3 Zoll vom Auge, so entsteht auf derselben Stelle der Netzhaut sowohl ein Bild des Papierstreifens, als auch derjenigen Partie des Hintergrundes, welche mit dem Streifen in gleicher Richtungslinie liegt. Man sieht durch den farbigen Papierstreifen hindurch den farbigen

Irradiation überhaupt leugnen, aus der nachcartesianischen Zeit nur den einzigen Joslin.

Hintergrund, in ähnlicher Weise, wie man durch einen farbigen Flor verschiedenfarbige Gegenstände in ihren eigenthümlichen Farben wahrnimmt. Bei derartigen Versuchen habe ich folgende Bemerkungen gemacht: Die beiden Farben, des Papierstreifens und des Hintergrundes, geben in keinem Falle die zu erwartende Mittelfarbe, sondern höchstens einen schmutzigen Farbenton, der zu jener hinneigt, aber auch dies selten. Gewöhnlich sieht man nur Eine Farbe, entweder die des Hintergrundes, oder die des vorderen Streifens, welche zwar eine Veränderung allerdings erfahren hat, aber nur insofern, als sie minder intensiv, gleichsam verwaschen und anders beleuchtet erscheint. Denn auch in diesen Versuchen gleicht sich gewöhnlich das Lichte und Schattige beider Farben zu einem mittleren Eindrucke aus, und Ausnahmen von dieser Regel scheinen nur da vorzukommen, wo aus subjectiven Gründen die Wahrnehmung des Contrastes sich geltend macht. Betrachtet man z. B. einen gelben Papierstreifen vor einem zur Hälfte schwarzen, zur Hälfte blauen Hintergrunde, so erscheint derselbe vor dem Schwarz heller, als vor dem Blau, wahrscheinlich deshalb, weil das Schwarz das Auge gar nicht reizt und die Kraft des Empfindens sich in der Auffassung der Farbe concentriren kann.“

„Ich bemerkte in den erwähnten Versuchen ferner, daß verschiedene Umstände darauf Einfluß haben, welche der beiden Farben, die gleichzeitig ins Auge fallen, zur Wahrnehmung komme. Wird nämlich exclusiv nur die eine der beiden Farben wahrgenommen, so ist dies entweder die hellere, besonders wenn die Helligkeit mit Glanzlicht verbunden ist, oder die Farbe des fixirten Objectes, oder endlich diejenige Farbe, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist. Das letztere Moment hat ein besonderes physiologisches Interesse. Wenn trotz der Fixation des Hintergrundes dennoch die Farbe des vorderen Papierstreifens gesehen wird, so gelingt es (aber nur bei gewissen Farbentönen) durch die Kraft des Willens, diese Farbe zu verbannen und ihr die des Hintergrundes zu substituiren. Diese Substitution ist

nicht ein Werk der Phantasie, denn nicht nur fühlt das Auge sich bei diesem Experimente angestrengt, sondern es hängt auch nicht von dem Willen des Beobachters ab, die substituirte Farbe sich anhaltend zu vergegenwärtigen. Vielmehr tritt dann ein Schwanken der Empfindung ein, und es erscheint abwechselnd und in nicht zu bestimmenden Intervallen, bald die Farbe, welche man sehen will, bald diejenige, welche man nicht sehen möchte, und welche bei mangelnder Anspannung des Geistes allein auftritt.«

»Die eben erzählten Versuche können indess nicht beweisen, daß dem Auge die Fähigkeit ganz abgehe, verschiedenes Licht, wenn es dieselbe Stelle der Netzhaut trifft, zu einer wahren Mischungsfarbe zu verbinden. Mile macht darauf aufmerksam, daß gestreifte Zeuge oder farbige Stoffe, mit einem andersfarbigen Flor bedeckt, in einer gewissen Entfernung die reine Mischungsfarbe geben, und bemerkt ganz richtig, daß eine durch Mischung von Blau und Gelb erhaltene grüne Farbe doch nur aus blauen und gelben Molecülen bestehe, welche den Eindruck der Einheit machen, weil die auf der Netzhaut übereinandergreifenden Farbenbilderchen von dem Sehorgane zur Mischungsfarbe verschmolzen werden. Hiernach entsteht die Frage, warum verschiedene Farben, welche auf eine und dieselbe Stelle der Netzhaut fallen, in gewissen Fällen sich mischen, in anderen nicht. Mile bemerkt, daß in den von ihm angeführten Fällen es immer viele und abwechselnd gestellte Farbenstellen sind, welche man betrachtet, was zur Folge haben müsse, daß die verschiedenfarbigen Bilder mehrfach ineinandergreifen und darum vollständiger sich mischen. Statt dessen bilde der in meinen Versuchen betrachtete Papierstreifen vor einem andersfarbigen Grunde nur zwei (?) Reihen von Zerstreuungskreisen, welche nur in ihrer Mitte eine etwas intensivere, am Rande aber schnell abnehmende Färbung gäben, sich also mit der Farbe des Hintergrundes nicht genug sättigten. *) Die

*) Die Meinung Mile's scheint zu sein, in Volkmann's Versuche sei der Rest des Streifens von zwei streifenförmigen Irradiationshöfen umsäumt,

Zulänglichkeit dieser Erklärung möchte ich indeß schon darum bezweifeln, weil in meinen Versuchen der schmale Farbstreif bisweilen die Farbe des Hintergrundes vollkommen verdrängte. War die Farbe des schmalen Streifens intensiv genug, um die gleichzeitig ins Auge fallende zweite Farbe völlig niederzuschlagen, so hätte sie auch hinreichend gesättigt sein müssen, um dieselbe zur Mischungsfarbe umzustimmen. Es zeigt sich aber ferner auch dann keine Mischungsfarbe, wenn man durch einen farbigen Schleier gefärbte Flächen betrachtet, vorausgesetzt, daß der Schleier nicht auf dem andersgefärbten Objecte unmittelbar aufliegt, vielmehr dem Auge beträchtlich näher steht, als jenes.“

„Tourtual glaubt, verschiedenfarbiges Licht werde von derselben Stelle der Netzhaut dann zur Mittelfarbe verbunden, wenn die Lichtstrahlen von Einem Punkte ausgehen und in Einer Richtung ins Auge fallen, während in Fällen, wo diese Bedingungen fehlen, eine Farbenverschmelzung nicht eintrete. Streng genommen kann ersteres nie vorkommen, aber auch abgesehen hiervon erregt jene Erklärung Bedenken. Wenn ein gestreiftes Zeug in einiger Entfernung in der Mischungsfarbe erscheint, so gehen die verschiedenen Farbenstrahlen entschieden nicht von denselben Punkten aus, und wiederum fällt in den von mir angestellten und von Tourtual bestätigten Versuchen, in welchen eine Mischungsfarbe nicht bemerkt wird, das verschiedenfarbige Licht so weit in gleicher Richtung ins Auge, als dies überhaupt je möglich ist. Ich finde zwischen den von Mile berücksichtigten Fällen, wo Farbenmischung eintritt, und meinen Experimenten, wo sie nicht eintritt, zur Zeit nur den einen Unterschied, daß in jenen die farbigen Objecte in gleicher Entfernung vom Auge liegen, in diesen dagegen in ungleicher, aus welchem Unterschiede ich jedoch die Verschiedenheit der Erscheinungen nicht abzuleiten weiß.“

während bei Mile Irradiationshöfe in Irradiationshöfe trafen; doch tritt dieses Letztere bei hinreichender Ausweichung des Streifens aus der Sehweite auch in Volkmann's Versuche ein — man denke an die ineinandergreifenden Kreise der Scheiner'schen Löcher.

»Die Thatsache, daß dieselbe Netzhautstelle Eines Auges von zwei elementaren Farben gleichzeitig gereizt werden kann, ohne zu einer mittleren Empfindung bestimmt zu werden, scheint von entschiedener Wichtigkeit, theils in psychologischer Hinsicht, theils in physiologischer. So lange man nur wußte, daß identische Stellen der beiden Augen sich nicht zur Empfindung der Mittelfarbe vereinigten, war es ein großes Räthsel, warum solche Stellen sich zur Einheit der Raumanschauung, nicht aber zur Einheit der Farbenempfindung verbänden. Vielen erschien dies nicht nur ein Räthsel, sondern ein Widerspruch, den sie nur dadurch glaubten beseitigen zu können, daß sie die ganze Lehre von den identischen Stellen verwarfen, und die Einheit des Bildes aus einer psychologischen Verknüpfung organisch gesonderter Eindrücke ableiteten. Nach dem Mitgetheilten ist zwar das Räthsel nicht gelöst, warum die identischen Stellen beider Netzhäute nicht auch zwei Farben in eine verschmelzen, wohl aber ist die Fragestellung eine andere geworden. Da nämlich dieselbe Netzhautstelle desselben Auges einen derartigen Verschmelzungsproceß nicht nothwendig einleitet, so findet sich, daß dieser den identischen Stellen von vorn herein nicht anzumuthen ist.«

§. 77.

Der Versuch Volkmann's mit dem der Pupille an Breite nachstehenden Papierstreifen ist, so gut, wie die Betrachtung der untergehenden, in den Horizont einschneidenden Sonne, ein Irradiationsversuch: es treten die Zerstreuungskreise von benachbarten Bildern ineinander. Es ist jener Versuch weiterhin ein modificirter Scheiner'scher Versuch und er schließt sich darum in mehrfacher Beziehung den Versuchen von §. 51 an. Hat der schmale Papierstreifen ein contourirtes Object zum Hintergrunde, so erscheint dieses doppelt; ein Object Fig. 44 (Taf. VI) zeigt dieselbe Gestalt und Schattirung wie Fig. 45 es darstellt. Als Beugungerscheinung zeigen sich, statt Quadraten, rhombische Felder,

wenn der schmale Streifen längs der Diagonale des schwarzen Feldes gehalten wird. — Was die bei dem vorliegenden Versuche erfolgenden Farbenerscheinungen betrifft, so hat es mich längere Zeit bedenklich gemacht, zu keinem anderen Resultate gelangen zu können, als zu einem solchen, welchem die Beobachtungen Volkmann's mehrfach entgegenstehen. Ich muß nämlich zu Volkmann's Angaben bekennen, daß wenn ich z. B. bei blauem Hintergrunde einen 2 Millim. breiten, rothen Papierstreif dem Auge zu fern halte, ich reines Violett wahrzunehmen glaube; noch deutlicher wird dies, wenn, wie bei Volkmann, der Schnitzel diesseits der Sehweite dem Auge zu nahe gebracht wird. Durch abwechselnde Versuche, das Auge bald mehr dem Schnitzel, bald mehr dem Hintergrunde zu accommodiren, trat bald mehr das Roth des Schnitzels, bald mehr das Blau des Hintergrundes hervor; aber der violette Saum, den im ersten Falle der rothe Schnitzel nichts destoweniger behielt, sowie die Farbtöne, die überhaupt sich zeigten, schienen mir sich ganz so zu verhalten, wie es nach den Verhältnissen der Irradiation und der Beleuchtung von selbst zu erwarten stand. — Bei hellgelbem Schnitzel und dunkelblauem Hintergrunde sah ich nicht Grün, sondern es zeigten sich wie bei eben denselben in einer Ebene liegenden Objecten (S. 36) durch Einmischung subjectiver Farben blaßröthliche Säume.

Ein violetter Fleck erscheint auf blauem Grunde mehr röthlich, auf rothem Grunde mehr bläulich: der Grund hebt den ihm fehlenden Factor; und ich glaube, daß dieses das bei der gewöhnlichen Contrastwirkung überhaupt geltende Princip sei. Bietet man bei blauem Hintergrunde dem Auge jenseits der Sehweite einen etwa zollbreiten, carmoisinrothen Papierstreifen, so wird, ähnlich wie bei dem auf blauem Grunde befindlichen violetten Fleck, der von dem violetten Irradiationssaume eingeschlossene, rothbleibende Theil mehr als Purpurroth, ja als Zinnoberroth aufgefaßt, während der etwa über den blauen Grund überstehende und mithin dessen Einflüsse nicht ausgesetzte Theil weit weniger den Character des rein Rothen zeigt, sondern seine carmoisinrothe Färbung

beibehält. Ganz derselbe Einfluss scheint sich bei Volkmann's Versuche mit dem schmalen gelben Streifen bei zur Hälfte blauem, zur Hälfte schwarzem Hintergrunde geltend zu machen; der Theil des gelben Streifens, welcher Schwarz zum Hintergrunde hat, erscheint etwas heller, durch gewöhnliche Contrastwirkung. Er erscheint aber auch weiterhin heller und zugleich breiter, weil bei dem schwarzen Hintergrunde die übertönende Irradiation vollständiger zur Wirkung kommt, als bei dem an Helligkeit dem Schnitzel weit weniger nachstehenden blauen Hintergrunde, welcher darum mehr zu farbmischender Irradiation disponirt. — Ganz besonders schön zeigen sich die Verhältnisse bei zur Hälfte rothem, zur Hälfte schwarzem Hintergrunde und einem 2 Millim. breiten blauen Streifen, der nahe an's Auge gehalten wird. Derselbe erscheint auf Schwarz fast in seiner ganzen Breite, und zwar rein blau; auf dem rothen Grunde bleibt nur ein schmaler Rest von Blau sichtbar, der von Violett umsäumt ist. Es stimmt zugleich mit früher ausgesprochenen Grundsätzen, wenn der Rest des auf dem rothen Grunde sichtbar bleibenden blauen Streifens da, wo der schwarze Hintergrund beginnt, durch stärker übergreifendes Violett sich gleichsam abzuschnüren scheint, so daß die schmale Hälfte des blauen Streifens sich an die breite Hälfte mit einer abgerundeten Spitze ansetzt.

Ein abwechselndes Auftauchen der Farbe des Hintergrundes und der Farbe des schmalen Streifens — ein dem Sehfeldwettstreite analoges Schwanken einer und derselben Netzhaut in der Richtung ihrer Thätigkeit — habe ich bei Volkmann's Versuche mit dem schmalen Streifen, und überhaupt bei Irradiationsversuchen, niemals wahrgenommen (das Oscilliren des Accommodationszustandes, durch welches bei angestrengtem Sehen die Irradiation oft fortwährend wächst und abnimmt, gehört nicht hierher). In allen den §. 50 und 51 beschriebenen Fällen, in welchen auf einer und derselben Netzhaut Vermischung der concurrirenden Lichteindrücke nicht stattfand, wurde nichts dem Wettstreite Analoges beobachtet, wohl aber eine Auseinanderhaltung der beiden Lichteindrücke, nach Art der mit zwei Retinen

angestellten Versuche. Wir sahen, es kam in jenen Fällen auf Helligkeit, auf Verwandtschaft der Lichtarten kaum etwas, auf die Contouren Alles an. Umgekehrt bei der Irradiation. Hier hängt es von dem Helligkeitsgrade einer Lichtart ab, wie viel oder wie wenig das Zwischenbild ihren Charakter tragen wird, und bei den höchsten Graden der Lichtverschiedenheit, bei schwarz und weissen Bildern ist die Bevorzugung des hellen so groß, daß nur bei Aufmerksamkeit die Existenz des Irradiationshofes wahrgenommen und in der Regel das ganze Zwischenbild dem Weissen hinzugefügt wird. Ein durch Irradiation entstehendes Violett, bei welchem ein kräftiges Blau mitwirkt, fällt mehr im Sinne des Blauen aus, als ein solches, bei welchem ein matteres Blau betheiligt ist. Befindet sich eine rothe Fläche so ziemlich in der Sehweite, ein 2 Millim. breiter blauer Streif aber dem Auge sehr nahe, so daß er mit sparsamen Zerstreuungskreisen eine Netzhautpartie bestreut, die von rothem Lichte reichlich getroffen ist, so kann kein entschiedenes Violett, wohl aber wird, wenn nicht subjective Verhältnisse sich störend einmischen, ein Farbenton wahrgenommen werden, der einer reinen Vermischung von Blau und Roth entspricht.

Ich kenne, wie schon oben bemerkt, die Bedingungen nicht, nach welchen bei einaugigen Ineinandertreffen zweier Lichtarten in dem einen Falle die Mischfarbe entsteht, in dem anderen nicht; — Bedingungen, um deren Ermittlung wir Forscher, wie Volkmann und Tourtual, vergeblich sich bemühen sahen.

Bei für jedes Auge verschiedenem Bilde möchte die Erscheinung, daß eine durch Contrast gehobene Farbe unter günstigen Verhältnissen die Farbe des überbrückenden Bildes durch eine Spur von Beimischung erkennen läßt (Seite 113 und 115), der höchste Grad der Vermischung sein, zu welcher zwei durch zweierlei Retinen vermittelte Lichteindrücke gelangen können. Eine gleichmäßige Vermischung der Lichteindrücke zweier Objecte dürfte nur bei Zusammentreffen auf einer und derselben Netzhaut eintreten; und zwar kenne ich gleichmäßige Vermischung einzig in der farbmi-

schen Irradiation, für welche, wie wir wissen, es Bedingung ist, daß die beiden Lichteindrücke von einer und derselben Helligkeit sind.

§. 78.

Die von Mile gegebene Erklärung seines Versuchs mit den gestreiften Zeugen scheint nicht vollkommen richtig, die Anwendung derselben auf die Versuche Volkmann's darum verfehlt zu sein. Es kommt nicht, wie nach dem Obigen Mile meint, darauf an, wie oft die Abwechslung der Streifen gegeben ist; ein kleines Stückchen gestreiften Zeuges vermischt durch Irradiation unter sonst gleichen Verhältnissen seine Farben ebenso, wie ein großes Stück dies thut; es kommt einzig auf das relative Verhältniß zwischen Breite der Streifen und der gewählten Beschauungsweite an.

Valentin.

§. 79.

In Valentin's Lehrbuch der Physiologie, zweite Auflage (1848), Band II, Abthlg. 2, finden wir folgende Darstellung der Irradiation :

„(§. 3819.) *Irradiation oder Ausstrahlung des Bildes.* Betrachten wir einen Gegenstand, der außerhalb der Grenzen der Sehweite liegt, so erscheinen seine Ränder nicht bloß unbestimmter, sondern auch breiter, als sie sich der Wahrheit gemäß darstellen sollten. Diese Täuschung erklärt sich aus den Zerstreuungskreisen, die sich auf der Netzhaut darstellen. Sie beruht daher zunächst nur auf optischen Verhältnissen. Es liegt dagegen auch in manchen Fällen in der Thätigkeit der Netzhaut, daß wir die Ausdehnung der Bilder unrichtig auffassen. Purkinje und Plateau haben diese schon den älteren Astronomen bekannte Thatsache, welche man mit dem Namen der Ausstrahlung oder der Irradiation bezeichnet, auf ihre physiologische Bedeutung zurückzuführen gesucht.“

»(§. 3820.) Blicken wir eine Zeit lang nach einer Kerzenflamme, die sich in einem dunklen Zimmer befindet, so scheinen sich Strahlenbüschel in den verschiedensten Richtungen von ihr aus zu verbreiten. Besitzen beide Augen eines Menschen ungleiche Grade von Kurz- oder Weitsichtigkeit, so wechseln nach Purkinje und Fechner die Formen dieser Nebenbilder und die sie bisweilen begleitenden Farbenerscheinungen, je nachdem man das eine oder das andere Auge zur Auffassung derselben benutzt. Das Sonnenbild, das sich an der Quecksilberkugel eines Thermometers oder auf einem geschwärzten Uhrglase abspiegelt, führt zu ähnlichen Ergebnissen. Das Bild eines Sternes zeigt sich daher in der Form einer um so breiteren Fläche, je größer seine Lichtstärke ausfällt.«

»(§. 3821.) Plateau bemerkte mit Recht, daß wir nicht selten die Größe der Gegenstände unrichtig beurtheilen, weil die Ausstrahlung des Bildes unsere Auffassung besticht. Zeichnen wir« (Fig. 1, Taf. I), »so können wir bei gehöriger Entfernung des Auges bemerken, daß uns der schwarze Trennungstreifen schmaler, als der weiße erscheint, weil das Weiß eine größere Ausstrahlung seiner lebhafteren Wirkung wegen bedingt.«

»(§. 3822.) Nehmen wir wiederum an, daß die Wellenbewegungen des Aethers, die das Licht bedingen, die Gewebe der Netzhaut zu entsprechenden Schwingungen anregen, so läßt sich die Ausstrahlung begreiflich machen. Die Erschütterungen werden sich um so leichter seitlich ausbreiten, je größer die lebendige Kraft der ursprünglichen Anregung, oder mit anderen Worten, je bedeutender die Lichtstärke ist. Die Erfahrung bestätigt diesen Schluss.«

»(§. 3823.) Theilen wir ein weißes Rechteck« (Fig. 2, Taf. I), »so entgeht uns der Unterschied, so wie wir das Ganze aus einer gehörigen Entfernung betrachten. Die lebhaftere Ausstrahlung des Weiß erklärt die Erscheinung. »Sie« giebt aber ein Mittel an die Hand, wenigstens ein ungefähres Maß für die »Irradiation« zu erhalten.«

In den beiden folgenden Paragraphen macht Valentin einige Angaben über Plateau's Messungen der Irradiation; er berechnet seinen Irradiationswinkel und schließt mit einer kurzen Zusammenstellung der wichtigsten Lehrsätze Plateau's.

§. 80.

Der Eingang von Valentin's §. 3819 könnte vermuthen lassen, im weiteren Verlaufe werde die Annahme und der Beweis der auf Nichtvereinigung der Strahlen beruhenden Irradiation erfolgen. Aber der Eingang sagt nur: Objecte, die außerhalb der Sehweite liegen, erscheinen breiter — das ist keine Irradiation, wenigstens nicht in dem gebräuchlichen Sinne. Unter den »manchen Fällen« aber, in welchen die unrichtige Auffassung der Bildausdehnung in der Netzhaut beruht, sind offenbar alle Fälle von Irradiation verstanden.

In §. 3820 hängt die Form der Ausstrahlung einer Kerzenflamme nach Purkinje und Fechner vom Grade der Kurz- oder Weitsichtigkeit des Beschauenden ab, während für die Gröfse des Bildes, welches »daher« ein Stern bewirkt, dessen Lichtstärke als Bedingung genannt wird. Doch möchte beim Sterne wie beim Kerzenlichte von beiden Verhältnissen die Gröfse des Netzhautbildes abhängig sein.

In §. 3822 sagt uns Valentin, welcher Theorie er beipflichtet. — Was nun die Wellenbewegungen des Aethers betrifft, welche die Netzhaut zu Schwingungen anregen, so scheint mir wenigstens Eines, und gerade dieses Eine, undenkbar: daß nämlich die vom hellen Bilde nicht getroffenen Seitentheile in der Art in Mitterschütterung und Mitleidenchaft versetzt würden, daß hieraus die Irradiation resultirte. Ich könnte mir keinen Grund denken, warum diese seitliche Einwirkung mit der Annäherung des Objectes in die Sehweite nachlassen und innerhalb derselben fehlen sollte. Es wird aber jene Mitterschütterung nach §. 3821 und 3823 nur »bei gehöriger Entfernung des Auges« vorausgesetzt.

§. 3825 beginnt mit den Worten: »Es versteht sich von selbst, daß die Lichtstärke und die Empfänglichkeit des Auges

einen wesentlichen Einfluss auf die Verhältnisse der Irradiation ausübe.“ Die Lichtstärke — ja; die Empfänglichkeit des Auges aber nur insofern, als ein Auge um so weniger zur Irradiation disponirt ist, je mehr es sich dem Accommodationszustande genähert hat, oder — je mehr die Objecte in dieser Beziehung ihm entgegen kommen.

§. 81.

In einer Note sucht Valentin eine von ihm gemachte richtige Beobachtung mit einem aus Irrthum hervorgegangenen Gesetze Plateau's in Einklang zu bringen :

„Plateau fand noch, daß sich die Irradiation für gesunde Augen durch Sammellinsen verkleinert und durch Zerstreuungslinsen vergrößert. Diese Beziehung kann sich jedoch in kurzsichtigen Augen verwischen. Ich finde z. B., daß mein Irradiationswinkel an Ausdehnung zunimmt, so wie ich eine Fig. 294 (Fig. 2, Taf. I) dargestellte Zeichnung ohne meine gewöhnliche, doppelt concave Brille anschau.“

Wir sahen oben bei der Besprechung von Plateau's XII. Lehrsätze, daß die Irradiation der Autoren — die durch zu große Entfernung bedingte — nicht verringert wird durch Sammellinsen; wiewohl Plateau, ausnahmsweise einmal Objecte diesesseits der Sehweite beobachtend, sein Resultat als für die Irradiation schlechthin geltend hingestellt hat. Valentin's Object war unzweifelhaft ein wegen zu großer Entfernung irradiirendes; da mußte nothwendig der Irradiationswinkel zunehmen, sobald die Concavbrille fehlte. Wäre dies übrigens nicht das ganz Normale gewesen, so würde die an der Spitze jener Note genannte Beziehung durch die Kurzsichtigkeit nicht verwischt, sondern in ihrem Grundprincip verkehrt worden sein. Kurzsichtigkeit oder Weitsichtigkeit hat aber hier keinen anderen, als gradweisen Einfluss; auch dem Fernsichtigen wird bei in der Ferne irradiirendem Objecte die Irradiation vermindert, sobald er eine Concavbrille wählt, nur bedarf er einer schwächeren Nummer, als der Kurzsichtige.

§. 82.

Die treueste Uebersetzung des Wortes Irradiation möchte Einstrahlung, das bezeichnendste Synonym Ueberstrahlung sein. Das gewöhnlich gebrauchte Synonym, dessen auch Valentin sich bedient, ist Ausstrahlung. Wenn aber Valentin diesen Ausdruck zwischendurch auch in einem weiteren Sinne, dem reinen Wortsinne nach, gebraucht, und §. 3823 sagt: Die lebhaftere Ausstrahlung des Weifs (als Eigenschaft des Objectes) giebt uns ein ungefähres Mafs der Irradiation (des physiologischen Phänomens), so dürfte dies wohl nicht gerechtfertigt sein.

Dove.

(Ueber die Ursachen des Glanzes und der Irradiation, abgeleitet aus chromatischen Versuchen mit dem Stereoskop; von H. W. Dove. Poggendorff's Annalen, 1851, Nr. 5.)

§. 83.

In dem genannten Aufsatze berichtet Dove über eine gröfsere Anzahl sehr interessanter Versuche, nach welchen das deutliche Sehen der verschiedenen Farben verschiedene Accommodation erfordert, während Schwarz und Weifs in dieser Beziehung sich verhalten, wie eine wenig brechbare Farbe zu einer stark brechbaren; er erklärt aus der Unfähigkeit des Auges, bei mit einer durchscheinenden Schicht überzogenen Körpern diesen Körpern und dem Ueberzuge zugleich angepaßt zu sein, die Erscheinung des Glanzes und sucht in dem bei Schwarz und Weifs verschiedenen Accommodationsbedürfnisse die Ursache der Irradiation.

Indem ich mich bezüglich der Wiedergabe der Versuche auf das speciell Hierhergehörige beschränke, wähle ich folgende Stellen aus, die ich indessen in der Fassung des Autors belassen zu müssen glaube.

(S. 171.) » Ich zeichnete nun auf weissen Grund mit rothen Linien die Projection einer Pyramide, welche ein con-

vexes Relief darstellte, und über derselben Grundfläche mit blauen Linien die Projection einer gleichen Pyramide, welche bei stereoskopischer Combination hohl erscheint. Das zweite Blatt enthielt die entsprechenden Projectionen mit denselben Farben. Hätten sich die Eindrücke in gleicher Weise combiniren lassen, als ihre beiden Componenten, so hätte die senkrechte Axe der convexen rothen Pyramide die Verlängerung gebildet der ebenfalls senkrechten Axe der hohlen blauen Pyramide. Es ist aber hier unmöglich, ein Relief zu erhalten, man sieht stets einen von einem Sechseit umschlossenen sechsseitigen Stern, dessen sämtliche Linien aus nebeneinander liegenden blauen und rothen Linien gebildet sind.“

(S. 173.) — »Ich zeichnete die Projection für das eine Auge mit weißen Linien auf matt schwarzen Grund, für das andere Auge mit schwarzen Linien auf weißen Grund. Bei stereoskopischer Combination erhält man einen höchst merkwürdigen Anblick. Das Relief von grauen Flächen begrenzt, die wie Graphit glänzen, zeigt Kanten, die ihrer ganzen Länge nach aus blendend weißen und tief schwarzen, einander seitlich berührenden Linien begrenzt sind. Liegt das schwarze Blatt mit den weißen Linien vor dem linken Auge, das Blatt mit den schwarzen Linien auf weißem Grund vor dem rechten, so liegen die weißen Linien rechts neben den schwarzen; vertauscht man die Blätter vor den Augen, so kehrt sich auch die Anordnung der Linien um. Die seitliche Verschiebung ist daher immer eine gekreuzte.“

»Genau wie Weiß und Schwarz verhalten sich Farbencombinationen unter einander und mit Weiß, sie mögen nun dioptrisch oder katoptrisch hervorgebracht sein.“

(S. 176.) »Dafs das Auge nicht vollkommen achromatisch ist, ist seit Fraunhofer's Untersuchungen anerkannt und durch spätere Versuche bestätigt. Es giebt dafür einen sehr einfachen Beweis, eine Beobachtung, die vor zwölf Jahren von Herrn Plateau und von mir unabhängig von einander gemacht wurde. Betrachtet man nämlich durch ein violettes Glas,

welches bei prismatischer Analyse die Enden des Spectrums hindurchläßt, dessen Mitte aber verlöscht, eine Lichtflamme, so sieht man in der Weite des deutlichen Sehens die Lichtflamme violett, in einer größeren Entfernung eine rothe Flamme in einer größeren blauen, welche nach allen Seiten hin die erste übergreift und desto breiter umsäumt, je weiter die Lichtflamme sich vom Auge entfernt; in größerer Nähe als die Sehweite hingegen die violette Flamme von einem scharfen rothen Band umsäumt. Aus einer mittleren Entfernung sieht ein weitsichtiges Auge das Letztere, wenn ein kurzsichtiges das Erstere wahrnimmt. Ich habe seit dieser Zeit, um auf diese Weise die Sehweite zu prüfen, Hunderte von Individuen untersucht und nie ein Auge gefunden, welches für alle Entfernungen der Bedingung der Achromasie entspräche. Was für ein Auge hier gesagt wird, gilt ebenso, wenn beide Augen durch dasselbe violette Glas die Lichtflamme betrachten. Bekannt mit diesen Erscheinungen fiel es mir auf, daß ich bei der stereoskopischen Betrachtung weißer auf schwarzen Grund gezeichneter Umrisse, wenn sie durch farbige, für beide Augen verschiedene Gläser betrachtet werden, die Breite der Farbensäume in demselben Verhältniß sah, als bei den früheren Versuchen mit der Lichtflamme diesseits und jenseits der mittleren Sehweite, es lag daher nahe, in der Nichtachromasie des Auges den Grund der erwähnten stereoskopischen Erscheinungen zu suchen.“

»Ich betrachtete daher eine feine weiß auf schwarzen Grund gezeichnete Linie nach einander mit den einzelnen oben angewendeten farbigen Gläsern, und fand, daß die Linie, um durch das rothe Glas deutlich gesehen zu werden, weiter vom Auge entfernt werden mußte, als bei Betrachtung durch das blaue. Dies ist analog dem von Brewster (Repert. of the British Assoc. 1848, pag. 48) für Pigmente erhaltenen Ergebniß. Ich schichtete nun verschiedene aus einem dünnen Brett geschnittene Vierecke von verschiedener Größe und mit lebhaften Farben gemalt so über einander, daß sie im verjüngten Maßstab treppenartig übereinander lagen, indem die Ränder der unteren über die der darauf

gelegten kleineren hervorragten. Solcher Pyramiden wurden zwei nebeneinander gebildet, in denen die gleich großen Stufen entgegengesetzt gefärbt waren, so daß die eine Pyramide mit einer blauen, die andere mit einer rothen Grundfläche begann. Es erschien nun ein blaues Viereck über einer rothen Grundfläche stets höher als das rothe über der blauen, so daß bei weiterem Aufbau die Pyramiden einander abwechselnd an Höhe übertrafen. Aus diesen Versuchen folgt, daß die Convergenzlinien beider Augen bei deutlichem Sehen für rothes Licht einen spitzeren Winkel bilden, als für blaues. Hält man daher vor beide Augen dasselbe farbige Glas, so wird sich das Accommodationsvermögen beider ändern müssen, wenn man mit der Farbe des Glases wechselt. Für die, welche mit beiden Augen gleich gut sehen, wird das Accommodationsvermögen bei dem gewöhnlichen Sehen für beide Augen stets dasselbe sein, proportional nämlich dem Winkel der Convergenzlinien beider Augen. Hält nun ein solcher Beobachter vor das eine Auge ein farbiges Glas, vor das andere ein anderes farbiges, so stellt er den Augen die Aufgabe, das gleiche Accommodationsvermögen beider oder wenigstens das Verhältniß desselben unter der Voraussetzung, daß es für beide Augen nicht gleich sei, zu verändern; und da dieser Aufgabe nicht genügt werden kann, so werden sich die Bilder nicht decken, sondern aus sich kreuzenden Richtungen auf eine Fläche projecirt werden, die nicht im Durchschnittspunkte beider Richtungen liegt; und in der That dieselben Erscheinungen wie im Stereoskop treten, freilich weniger deutlich, auch bei gewöhnlichem binocularen Sehen eines mit weißen Linien auf schwarzem Grund gezeichneten Gegenstandes hervor, nämlich ein paralleles Nebeneinanderlegen einander berührender farbiger Linien, wenn man mit dem rechten Auge durch ein Glas ihn betrachtet, dessen Farbe eine andere ist, als die des Glases, durch welches er gleichzeitig mit dem linken Auge gesehen wird.“

„Betrachtet man binocular mit bloßen Augen einen weißen Gegenstand oder überhaupt einen nicht monochromati-

schen, so kann der Bedingung des deutlichen Sehens streng genommen nicht durch einen Convergenzwinkel der Seherichtungen beider Augen entsprochen werden, sondern durch mehrere, im ersten Falle durch eine Anzahl zwischen den Grenzen für die rothen und blauen Strahlen. Man kann sich nun vorstellen, daß die Augenaxen zwischen jenen Grenzen ununterbrochen oscilliren, oder daß sie innerhalb der Grenzen jenes lothrecht auf die Verbindungslinie der Augen liegenden Spectrums, welches bei dem Weißsehen der Bedingung der Deutlichkeit für alle homogenen Farben entsprechen würde, auf einen bestimmten Punkt dieses Spectrums gerichtet sind. Das Letztere ist mir das Wahrscheinliche, weil ich binocular eine Linie weiß sehe, wenn ein elektrischer Funke momentan das Dunkel erleuchtet und sie auch stereoskopisch combiniren kann, die kurze Lichtdauer mir aber die Möglichkeit einer Oscillation der Augenaxen während dieses Leuchtens auszuschließen scheint. Durchschneidet man nun die links liegenden Schenkel der den einzelnen Farben entsprechenden Convergenzlinien mit einem rothen Glase, die rechtsliegenden mit einem blauen, welches wie das von mir angewendete bis zum violetten Ende des Spectrums diaphan ist, so werden von den links liegenden Schenkeln nur die rothen, von den rechts liegenden nur die blauen übrig bleiben, welche auf eine Entfernung bezogen werden, die der mittleren Convergenz bei Betrachtung eines weißen Gegenstandes entspricht. Nun ist es aber äußerst wahrscheinlich, daß diese Entfernung nicht in der Mitte der Grenzen für die rothen und blauen Strahlen liegen wird, sondern wegen der größeren Helligkeit der weniger brechbaren (rothen) mehr nach dem rothen Ende hin. Daher werden auf der Projectionsebene sich die Strahlen kreuzen, wegen des breiten Raumes am blauen Ende aber die blauen Linien breiter sein, als die rothen. Dies ist aber genau die Erscheinung, wie sie wirklich gesehen wird.“

»Aus dem eben Erläuterten folgt, daß man farbige Linien nebeneinander, farbige Flächen voreinander sehen wird. Dafür sprechen aber folgende Versuche.«

»Ich hatte die Schnittfläche einer abgekürzten Pyramide in einer Projection mit einem gesättigten Blau, in der anderen mit Gelb bedeckt. Wenn bei stereoskopischer Combination daraus Grün entstand, so war es mir im Moment, wo dies eintrat, als wenn ich durch die eine durchsichtig gewordene Farbe die andere hindurch sehe. Dafs Viele die Farben nur nach einander sehen, entweder die eine, oder die andere, liegt einfach darin, dafs dieselben das Anpassungsvermögen für beide Farben abwechselnd ändern und sich nur der Grenzen dieser Aenderung, nicht der Mittelstufen bewußt werden. Bei der Combination zu Grün schien mir und Anderen die Farbe wie mit einem Firnis bedeckt Betrachtet man bei stereoskopischer Combination die gelb und blau gemalte Schnittfläche der Pyramide durch ein vor beide Augen gehaltenes violettes Glas, so erscheint sie spiegelnd wie ein polirtes Metall, für ein einzelnes Auge hingegen matt.«

»Unter allen Fällen, wo eine Fläche glänzend erscheint, ist es immer eine spiegelnde, durchsichtige oder durchscheinende Schicht von geringer Mächtigkeit, durch welche man hindurch einen anderen Körper betrachtet. Es ist also äufserlich gespiegeltes Licht in Verbindung mit innerlich gespiegeltem oder zerstreutem, aus deren Zusammenwirkung die Vorstellung des Glanzes entsteht Daher nimmt aufgeblätteter Glimmer Metallglanz an, Sätze von Glasscheiben hingegen Perlmutterglanz. Die beiden auf das Auge wirkenden Lichtmassen wirken auf dasselbe aus verschiedenen Entfernungen. Indem nun das Auge sich dem durch die durchsichtige Schicht gesehenen Körper anpaßt, kann das von der Oberfläche zurückspiegelnde Licht nicht deutlich gesehen werden, und das Bewußtsein dieser undeutlich wahrgenommenen Spiegelung erzeugt die Vorstellung des Glanzes. Der Glanz ist daher stets im eigentlichen Sinne ein falscher, ein Beiwerk, welches blenden kann, das aber, wenn wir es beachten, die Sache, auf die es ankommt, scharf ins Auge zu fassen verhindert.«

— »Aus allen bisher erörterten Versuchen geht mit Entschiedenheit hervor, daß Weiß und Schwarz sich in Beziehung auf das Auge genau so verhalten, wie zwei verschiedene Farben. So wie die rothen und blauen Ränder bei dem stereoskopischen Relief sich kreuzend nebeneinander legen, ebenso die weißen und schwarzen; so wie blaue und rothe Flächen in einer violetten Mischung zusammentreten, so weiße und schwarze in einer grauen. Der Glanz, den die Farben bei ihrer stereoskopischen Combination annehmen, tritt in noch viel höherem Grade bei Weiß und Schwarz hervor. Er ist so entschieden, daß Einige, denen ich diese Versuche zeigte, ihn mit Bleiglanz oder dem des Zinns verglichen, obgleich die weißen und schwarzen Flächen selbst vollkommen matt waren. Nach der oben gegebenen Ableitung des Glanzes muß aber die eine Fläche vor der anderen erscheinen, die Sehweite also für sie verschieden sein. Durch directe Versuche habe ich dies bei Schwarz und Weiß nicht ermitteln können, und es geht eben daraus hervor, daß die hier befolgte experimentelle Methode feinere Unterschiede zu erkennen gestattet, als die unmittelbaren Anschauungen. Da nun Schwarz und Weiß sich nur quantitativ unterscheiden als größtmöglichste Unterschiede der Helligkeit, so ist das Analogon zu den früheren Versuchen mit farbigen Beleuchtungen, (bei welchen in blauer Beleuchtung Gegenstände, um deutlich gesehen zu werden, näher gestellt werden müssen, als in rother) das Betrachten der Gegenstände mit bloßen Augen in verschiedenen Zuständen der Helligkeit. Die Pupille erweitert sich im Dunkel und zieht sich bei wachsender Helligkeit zusammen, die Pupille ist aber auch kleiner bei dem Betrachten naher Gegenstände, als wenn man einen entfernten scharf beobachtet. Ein dunkler Gegenstand wird also unter ähnlichen äußerlich sichtbaren Veränderungen des Auges gesehen, wie ein fernerer, ein weißer wie ein näherer. In der Entfernung des deutlichen Sehens erscheint durch das violette Glas, welches die Enden des Spectrums hindurchläßt, aber seine Mitte verlöscht, eine Lichtflamme ohne Saum, violett, d. h. die rothe Flamme so groß, wie die blaue. Eben-

so erscheint in der Entfernung des deutlichen Sehens ein weißer Gegenstand so groß, wie ein schwarzer. In größerer Entfernung umsäumt ein blauer Rand die rothe Flamme, d. h. die blaue Flamme erscheint größer als die rothe. Ebenso erscheint der weiße Kreis auf schwarzem Grund jenseits der Weite des deutlichen Sehens größer, als der schwarze auf weißem Grund. Die Erscheinungen der Irradiation sind also durch eine Kette experimenteller Erfahrungen mit chromatischen Erscheinungen verknüpft, die unmittelbar den Weg zu ihrer Erläuterung geben. Sie finden ihre Erledigung in dem Satze, daß für eine gegebene Entfernung das Accommodationsvermögen des Auges für weiße Gegenstände ein anderes ist, als für schwarze.“

„Daraus, daß auch bei monochromatischer Beleuchtung die Erscheinungen der Irradiation wahrgenommen werden, zieht Plateau gegen Arago den Schluss: *que s'il faut admettre l'existence de l'aberration de réfrangibilité dans l'oeil on doit attribuer l'irradiation à une autre cause, et que l'effet de l'aberration doit être considéré comme entièrement masqué dans les circonstances ordinaires par la bande d'irradiation.* Kommt der Unterschied von Weiß und Schwarz auf den eines Helleren und Dunkleren zurück, so versteht sich von selbst, daß, was für die Totalität aller Farben gilt, auch auf jede einzelne monochromatische Farbe seine Anwendung finden muß. Da nun aber Weiß und Schwarz sich in allen erörterten Versuchen genau wie zwei verschieden brechbare Farben verhalten, so kann man, um von sämtlichen hier zur Sprache gekommenen Erscheinungen sich Rechenschaft zu geben, folgenden Satz aussprechen: Das Accommodationsvermögen des Auges ändert sich, wenn es dieselbe Farbe in verschiedener Intensität sieht in derselben Weise, als wenn es verschiedene Farben von gleicher Intensität betrachtet, und zwar verhält sich das Hellere zum Dunkleren, wie eine mehr brechbare Farbe zu einer weniger brechbaren.“

§. 84.

Eine größere Zahl der von Dove beschriebenen Versuche habe ich nachgeahmt und vielfach dieselben Resultate

gefunden. Wenn ich darum mit Dove nicht den mindesten Zweifel hege, daß gleich den verschiedenen Farben auch Schwarz und Weiß, wie ich selbst bereits vermuthet hatte (Seite 37), verschiedene Accommodation bedürfen, so kann ich mich doch in die Ansicht nicht finden, daß in jenen Verhältnissen die Ursache der Irradiation gegeben sei.

Zunächst zeigen sich die verschiedenen Farben nicht in der Reihenfolge ihrer abnehmenden Brechbarkeit, sondern in der Reihenfolge ihrer abnehmenden Helligkeit geeigneter, die Irradiation des Hellen zu begünstigen. Ich beziehe mich hier auf einen Seite 37 angeführten Versuch. Ordnet man die Farben nach ihrer Brechbarkeit: Blau, Gelb und Roth, so wird der die Farben kreuzende weiße Papierstreif durch Irradiation niemals keilförmig erscheinen, sondern auf Blau stärker irradiiren, als auf dem minder brechbaren, aber helleren Gelb — er bildet eine nahezu bisquitförmige Figur.

Sodann würde, wie mir scheint, die Irradiation eines in einer bestimmten Entfernung befindlichen Objectes aufgehoben sein müssen, sobald durch Abänderung der Entfernung seiner dunkeln Umgebung der aus der verschiedenen Brechbarkeit herrührende Effect compensirt würde.

Soll es endlich auf ganz analogen Verhältnissen beruhen, daß einerseits die durch das violette Glas in der Sehweite betrachtete Flamme violett, jenseits der Sehweite aber roth mit blauer Umsäumung erscheint, während andererseits gleich große schwarze und weiße Bilder in der Sehweite gleich groß, jenseits der Sehweite verschieden groß, zum Nachtheil des Schwarzen, sich zeigen: so müßte diese Analogie wohl auch weiterhin passen, und, wie die Lichtflamme diesseits der Sehweite sich roth umsäumt, nun auch das Weiße diesseits der Sehweite sich kleiner zeigen, als das Schwarze *) — was aber nicht im Entferntesten der Fall ist.

Dieses sind die Gründe, welche, soweit ich die Verhältnisse jetzt kenne, mir gegen die Erklärungsweise Dove's

*) Dasselbe Postulat, welches auch nach Plateau's Theorie für Irradiation diesseits der Sehweite resultiren würde (vgl. Seite 85).

zu sprechen scheinen. — Die verschiedene Brechbarkeit hat ihre Wirkungen, aber es sind nicht diejenigen, welchen die Irradiation ihre Entstehung verdankt. Die verschiedene Brechbarkeit der verschiedenen Farben wird den Effect der durch zu grofse Entfernung bedingten Irradiation eines weifs gegen Schwarz irradiirenden Objectes durch ein Minimum von Wirkung vermehren, eines gelb gegen Blau irradiirenden Objectes durch ein Minimum von Wirkung vermindern; umgekehrt wird die durch zu grofse Nähe bewirkte Irradiation bei Weifs und Schwarz beeinträchtigt, bei Gelb und Blau vermehrt; jene Einflüsse möchten aber so gering sein, dafs sie bei der Beobachtung unserer Erscheinung gar nicht in Betracht kommen.

§. 85.

Was verschiedene die Irradiation nicht speciell betreffende Punkte des Dove'schen Aufsatzes anlangt, so beschränke ich mich hier auf wenige Bemerkungen.

Bei Betrachtung der Contrastwirkungen habe ich die Gründe kurz angedeutet (§. 48), aus welchen mir die Erscheinung des Dove'schen Glanzes nicht auf Brechungsverhältnissen, sondern auf einer eigenthümlichen Thätigkeit der Netzhaut zu beruhen scheint. —

Wenn Dove auch den Wettstreit der Sehfelder auf die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenen Lichtarten zurückzuführen sucht, so liegen die Gegengründe nahe. —

Zum Schlusse glaube ich noch der Angabe widersprechen zu müssen, dafs durch stereoskopische Verbindung eines mit gesättigtem Blau und eines gelb gemalten Bildes ein grünes Bild entstehe — dessen häufiges Nichtzustandekommen Dove »einfach« der für solche Versuche nicht hinreichenden Uebung der Beobachter schuld zu geben scheint. Als ich zum Erstenmale in meinem Leben die Doppelbilder eines gelben und eines blauen Papiers ineinandertreten sah, war das Durcheinanderwogen der beiden Farben die mir zunächst auffallende Erscheinung; ich bemerkte sogleich, dafs durch mangelnde Aufmerksamkeit und durch ungleiche Thätigkeit

der Augen die Wahrnehmung der einen oder der anderen Farbe so ziemlich unterdrückt werden könne, aber ich war verwundert, daß auch bei möglichst gleichmäßiger Betrachtung der erwartete Mischton niemals erscheinen wollte. Ich habe diesen Versuch reichlich genug wiederholt, um ohne unbescheiden zu sein annehmen zu dürfen, daß die von Dove behauptete Ineinandermischung für mein Auge nicht existire. Es scheint mir aber, hauptsächlich auch nach den oben verzeichneten Versuchen über Contrastwirkungen, unwahrscheinlich, daß überhaupt für irgend ein Auge die fragliche Ineinandermischung zu Stande komme; und wenn eine Reihe von Autoritäten*): La Tour, Janin, Reid, E. H. Weber, Huschke, Völkers, Teuscher und Prevost, zu Gunsten der Ansicht Dove's angeführt werden kann, so widersprechen dieser Ansicht nicht minder gewichtige Zeugen: Johannes Müller, Heermann, Wheatstone, Volkmann, Tournival, Böhm. — Ich weiß nicht, wie weit die von mir beschriebene Contrastwirkung von Anderen bereits berücksichtigt sein mag. Ein gleichmäßig tingirtes Bild scheint Alex. Prevost**) (wohl nach den oben erörterten Bedingungen) erzielt zu haben; daß dasselbe ein gleichmäßig gemischtes gewesen, scheint mir zweifelhaft. — Nur citiren darf ich eine in diesem Augenblick (beim Schlusse meiner Arbeit) bei Valentin gefundene Notiz***) : »Foucault und Regnault (in den Comptes rendus, Tome XXVIII, p. 78) bestätigten, daß sich zwei ergänzende Polarisationsfarben im Stereoskop zu Weiß verbinden können. Der Wettstreit

*) Valentin's Physiologie, II, S. 215.

**) Alex. Prevost (Essai sur la vision binoculaire. Poggendorff's Annalen LXXII, S. 548—570.) »läßt die Bilder einer blauen und einer gelben Scheibe in dem Stereoskope zusammenfallen und heftet dann noch oberhalb der gelben eine zweite gelbe und unterhalb der blauen eine blaue Scheibe an.« (?) »Sind die ursprünglichen Farben sehr rein, so hat nach ihm die mittlere Scheibe eine grüne, und wenn nicht, eine bronzene Färbung« (Dove's Glanz?). »Andere Farbenverbindungen führen zu ähnlichen Ergebnissen.« Valentin, Physiologie, II, p. 223.

***) Nachträge zur 2. Auflage seines Lehrbuchs der Physiologie, S. 68.

der beiden Gesichtsfelder macht sich für das ungeübte Auge im Anfange des Versuches geltend. Ein geübteres wird hierdurch gar nicht irre. Man kann dann verschiedene Ergänzungsfarben rasch wechseln lassen, ohne daß der Eindruck der Farblosigkeit gestört wird.“

Was die durch Doppeltsehen (und gewiß auch durch das Stereoskop) bewirkte Verbindung von Pigmenten und von prismatischen Farben betrifft, so darf ich mich auf ein Auge berufen, welches in der Entdeckung der wichtigsten Phänomene seit Jahren die reichste Uebung fand — ich meine auf Volkmann. Eine Mittelfarbe, „wie solche aus der Vermischung eben derselben Malerfarben hervorgehen würde“, findet nach Volkmann*) selbst dann nicht Statt, „wenn das gefärbte Licht, welches zu dem Versuche benutzt wird, ein vollkommen reines ist“, wie dies die Versuche beweisen, in welchen Volkmann verschiedene Farbenstrahlen des Prisma ins Auge fallen liefs.

Powell.

§. 86.

Ich war mit der Anstellung von stereoskopischen Versuchen, zu welchen der vorhin besprochene Aufsatz von Dove mich veranlafte, beschäftigt, als ich in dem Jahresberichte von Liebig und Kopp (Jahrgang für 1849) folgende Mittheilung las :

„Powell (Instit. 1849, 288; 1850, 47; Phil. Mag. [3] XXXIV, 459.) hat eine Arbeit über Irradiation, ihre Ursache, ihr Auftreten beim Sehen mit bloßem Auge und durch Fernröhre, ihr Mafs und ihre Wirkung bei astronomischen Beobachtungen mitgetheilt. Er ist der Meinung, daß die Ursache der Irradiation nicht in einer über die geometrischen Grenzen des Bildes greifenden Affection der Netzhaut zu suchen, daß

*) Artikel „Sehen“ in Wagner's Handwörterbuch, S. 326.

sie vielmehr objectiver Natur sei, da man in einem künstlichen Auge (doch schliesslich auch mit der Netzhaut gesehen) und auch photographisch die nämliche Vergrößerung des hellen Feldes beobachte. Wenn wir Powell recht verstehen, so hält er die Diffraction für die Ursache der Erscheinung. Er bemerkt übrigens, dass die Schwierigkeit der Erklärung der Irradiationserscheinungen dadurch wachse, dass sie unter scheinbar den nämlichen Umständen das eine Mal beobachtet werden, das anderemal nicht.“

Dass Diffraction bei einer grossen Zahl von Irradiationsversuchen auftritt, liegt in der Anordnung jener Versuche und ist unverkennbar; dass aber die Irradiation auf Diffraction beruhe, möchte schwer zu erweisen sein. Jedenfalls ist Powell ein directer Gegner der Plateau'schen Lehre.

Ich kann nicht beurtheilen, wie weit die von Powell gegebene Darstellung mit der meinigen möglicherweise zusammentrifft, da der academische Zweck dieser Abhandlung eine fortgesetzte Verzögerung durch Vornahme neuer Arbeiten verbietet. Es kann indessen nur erfreulich sein, in seinen Bemühungen den Wegen Anderer zu begegnen; und sollte meine Arbeit neben der Powell'schen und anderen, mir unbekannten, wenig Neues bieten, so bleibt mir das Bewusstsein, selbstständig und redlich bemüht gewesen zu sein um die Kenntniss eines den Naturforscher mit Recht so anziehenden Gegenstandes. —

Erklärung der Abbildungen *).

(Fig. 1, 2, 33, 34, 35, 40, 41 und 70 sind von Plateau.)

Tafel I.

Fig. 1. Schmälererscheinen des schwarzen, Breitererscheinen des weissen Zwischenfeldes, wenn die Figur — wie viele der folgenden — ausserhalb der Sehweite betrachtet wird. — *Siehe Einleitung und §. 5.*

Fig. 2. Scheinbare Coincidenz der beiden senkrechten, je zwei Felder trennenden Contouren, so dass alle vier Felder gleich gross erscheinen. — *Einleitung.*

Fig. 3. Bildung distincter Netzhautbilder und Bildung von Zerstreuungskreisen. §. 2.

Fig. 4. Die weisse Kreisfläche erscheint oval. §. 2.

Fig. 5 und 6. Fig. 5 die ideale Darstellung der Erscheinung, wenn Fig. 6 nahe an's Auge gehalten wird. §. 2.

Fig. 7. Das Uebergreifen der Mondhörner. *Einleitung.* §. 13.

Tafel II.

Fig. 8. Zur Erläuterung einer Angabe des Pouillet-Müller'schen Lehrbuchs. §. 3.

Fig. 9 und 10. Farbmischende Irradiation. §. 3.

Fig. 11. Apparat zur Zeichnung und Messung irradiirender Objecte. §. 4.

Fig. 12—17. Vgl. §. 5.

Tafel III.

Fig. 18. Irradiation jenseits der Sehweite. Das Beobachtungsobject ist Fig. 18 a. Sehweite des Beobachters 4 Zoll. Messung des Objectes bei 6, 8, 10, 12, 14 und 16 Zoll. Bei Fig. b bis g wurde ein Diaphragma angewendet; b' — g' zeigt das Object in der Irradiation. — §. 6.

Tafel IV.

Fig. 19, 20 und 21. Vgl. §. 6.

Fig. 22 und 23. Irradiation diesseits der Sehweite.

*) Bezüglich der Abbildungen, mit welchen ich, um die nothwendigsten Beobachtungsobjecte fertig vorzulegen, nicht sparsam war, muss ich um Nachsicht bitten, indem dieselben von mir selbst, in grossem Arbeitsdrange, in wenigen Stunden auf den Stein gezeichnet wurden.

Das Beobachtungsobject ist Fig. 22 a und 23 a. Dieselben in b bis g und b' bis g' bei 3 Zoll, $2\frac{1}{2}$ Zoll, 2 Zoll, $1\frac{1}{2}$ Zoll, 1 Zoll und bei $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung vom Auge. — §. 6.

Fig. 23 und 24. 24 a und 25 a zeigen — besonders bei zu großer Nähe des Objectes — die Anblicke von Fig. 24 b, c, und 25 b c. — §. 7; §. 55.

Tafel V.

Fig. 26. Vgl. §. 8.

Fig. 27. Verschiedener Widerstand der verschiedenen Farben gegen die Irradiation. §. 8.

Fig. 28. Vgl. §. 8.

Fig. 29 bis 32. Vgl. §. 9.

Fig. 33. Zur Irradiationstheorie von Descartes. §. 20.

Fig. 34 bis 36. Fig. 34 giebt bei Irradiation (jenseits der Sehweite) den Anblick von Fig. 35 (§. 39). Zur Erklärung dieser Erscheinung Fig. 36. — Vgl. §. 54, 56 und 57.

Fig. 37—39. Fig. 37 und 38 ergeben durch stereoskopische Verbindung den Anblick von Fig. 39. — §. 57.

Tafel VI, VII und VIII.

Fig. 40—42. Fig. 40 verwandelt sich durch Irradiation nach Plateau in Fig. 41. (§. 39); nach §. 55 dieser Abhandlung in Fig. 42. Vgl. auch §. 57.

Fig. 43. Winkelmessung bei einem irradiirendem Dreieck. §. 40 und 41.

Fig. 44 bis 67. Zur Erklärung gewisser Erscheinungen, welche von §. 43 bis §. 56 unter dem Namen von Contrasterscheinungen beschrieben sind.

Fig. 44 — 49. Vgl. §. 43. Fig. 50. Vgl. §. 44.

Fig. 51 — 53. Vgl. §. 45. Fig. 54 u. 55. Vgl. §. 46.

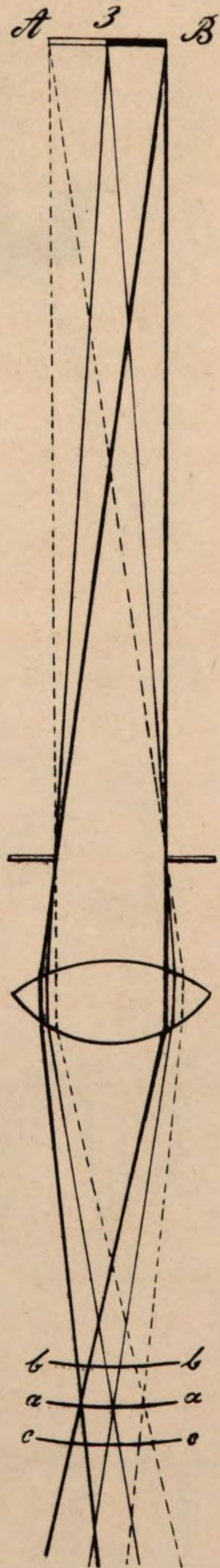
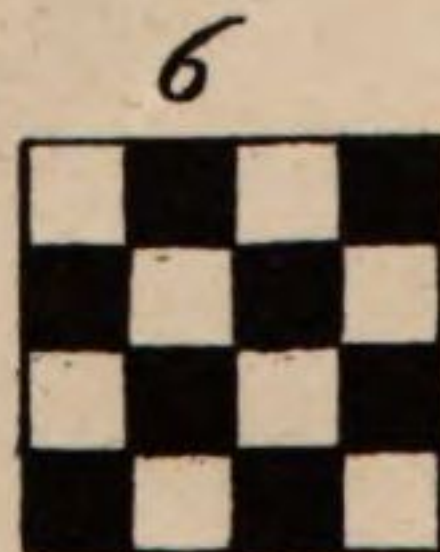
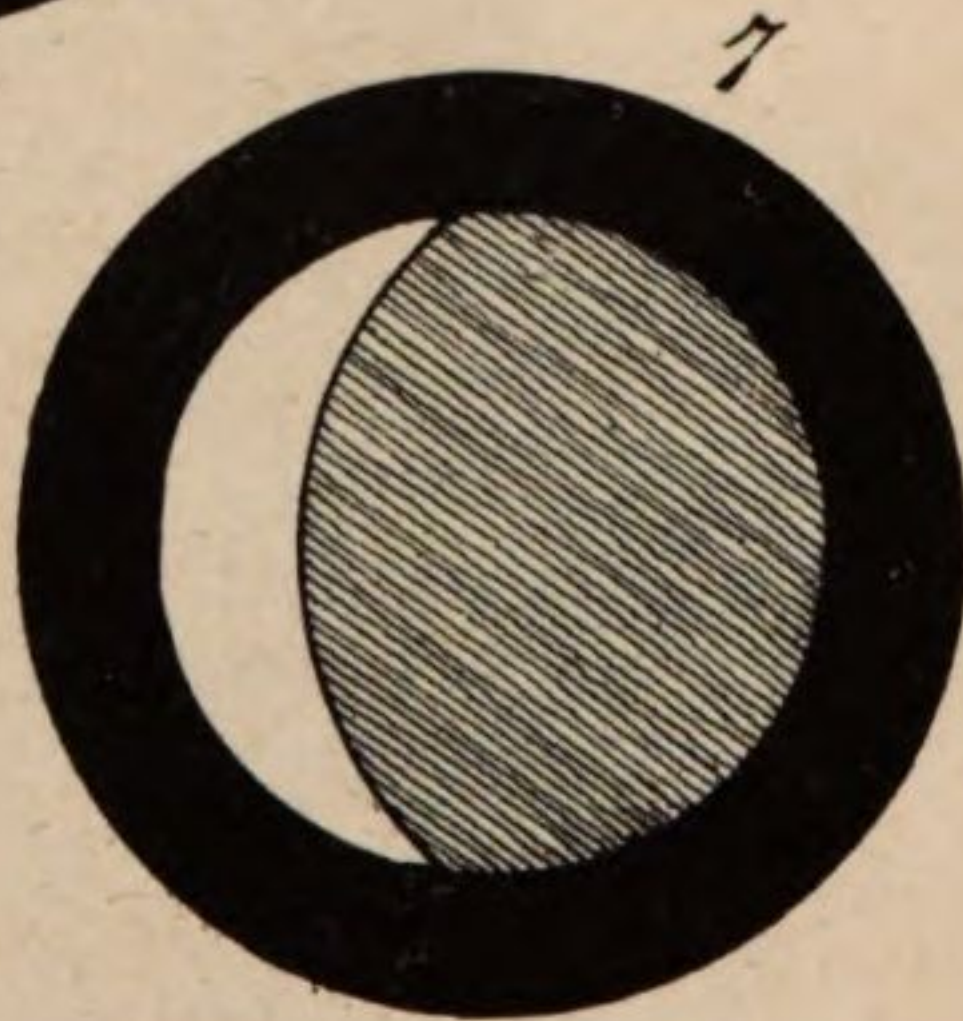
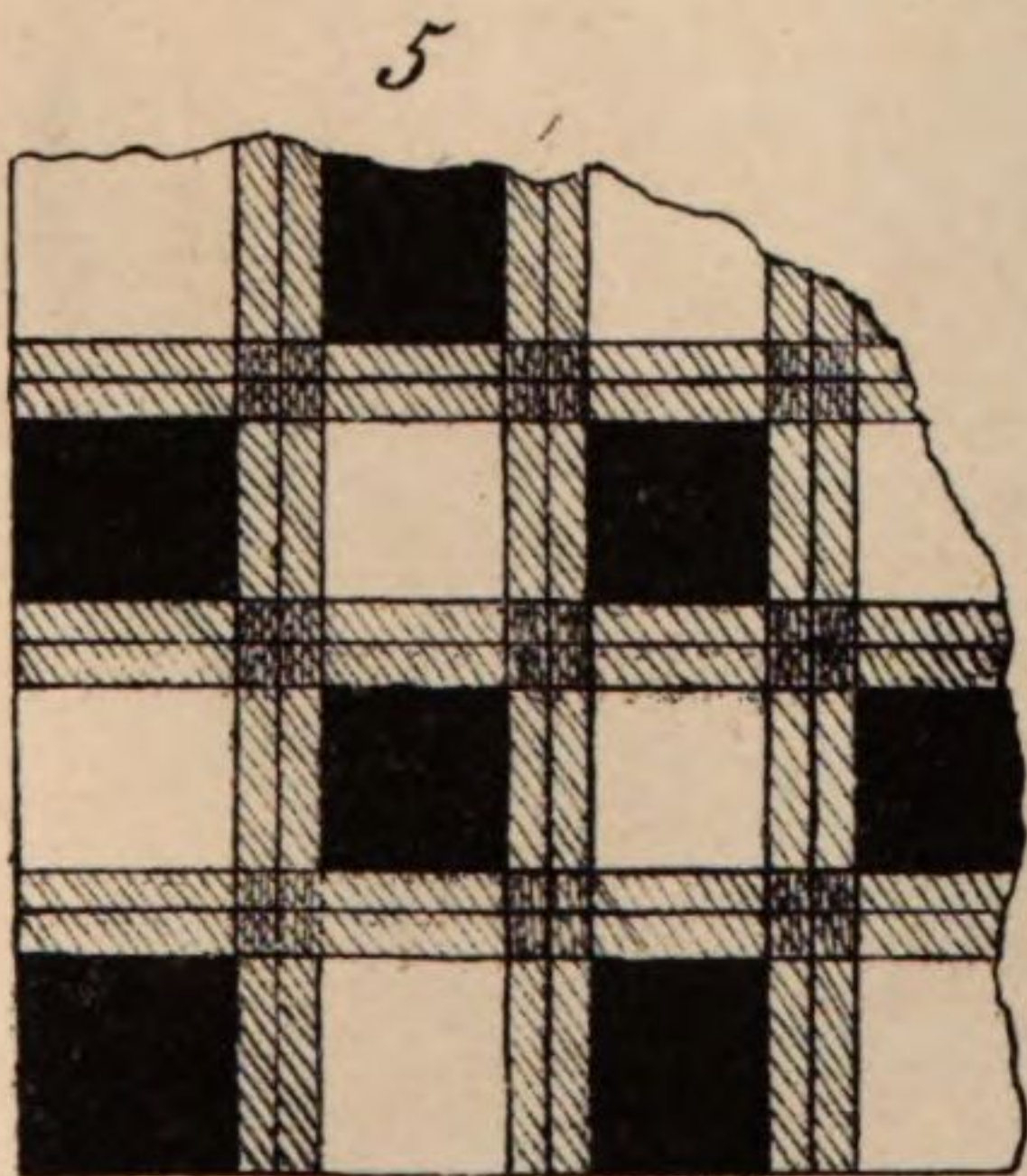
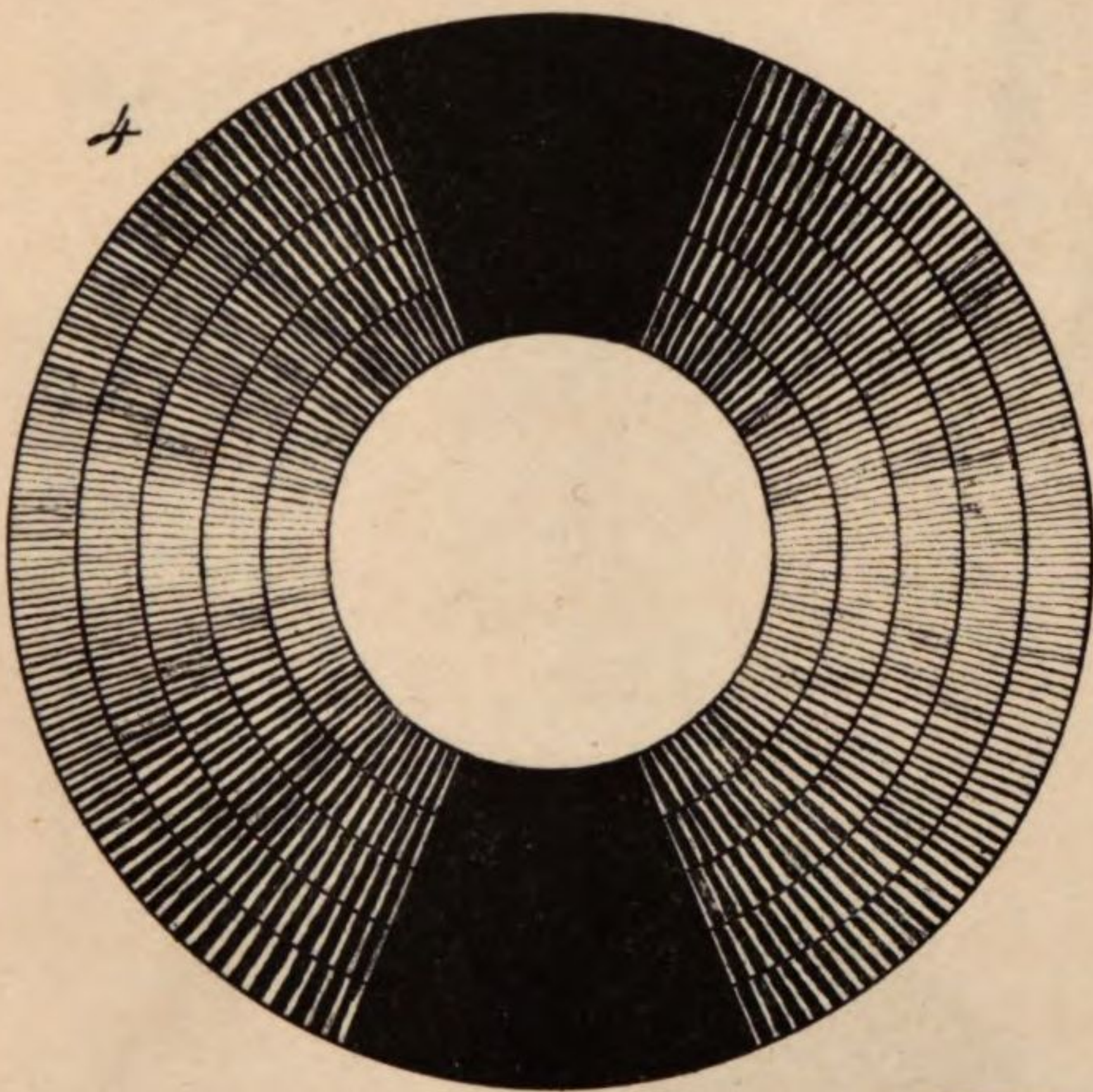
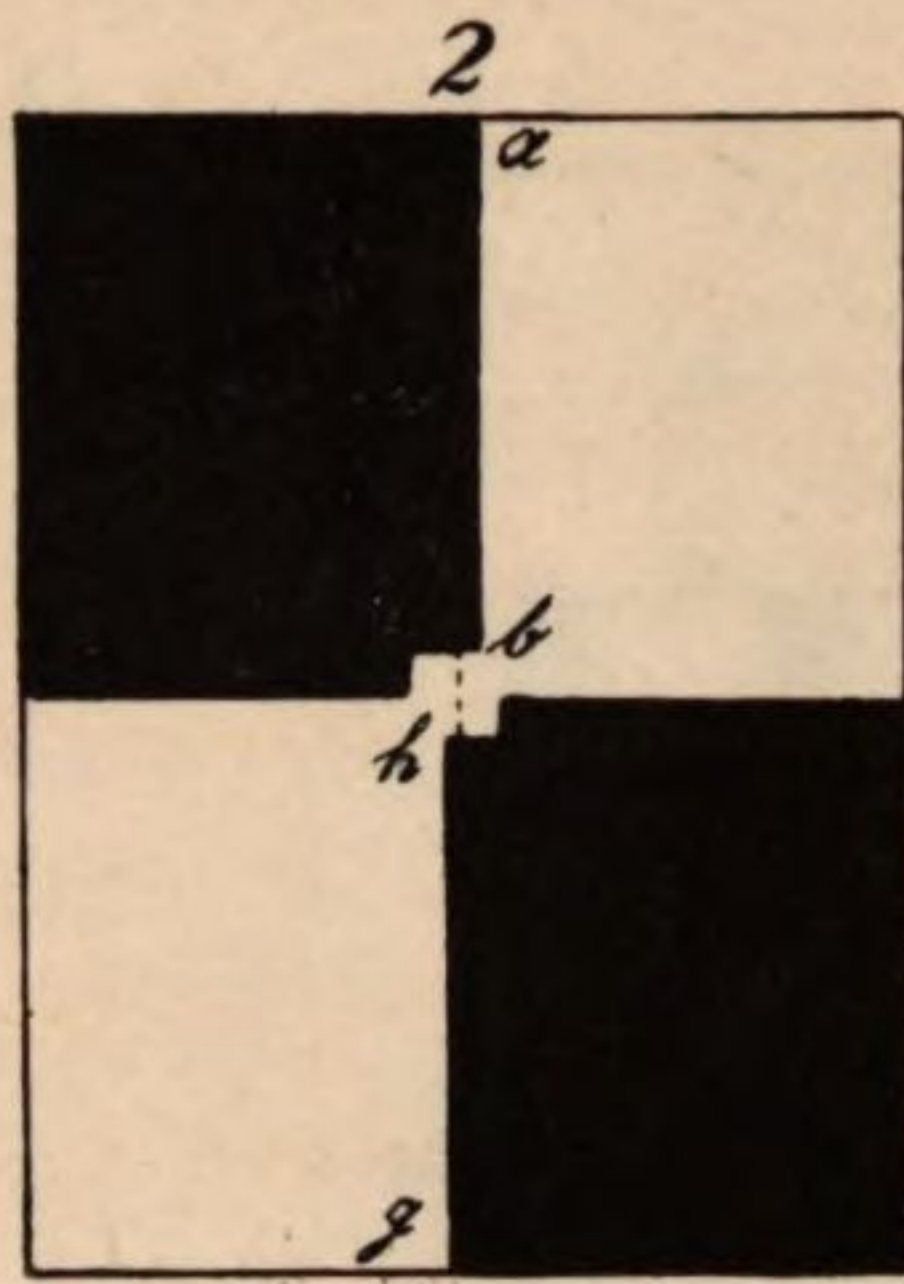
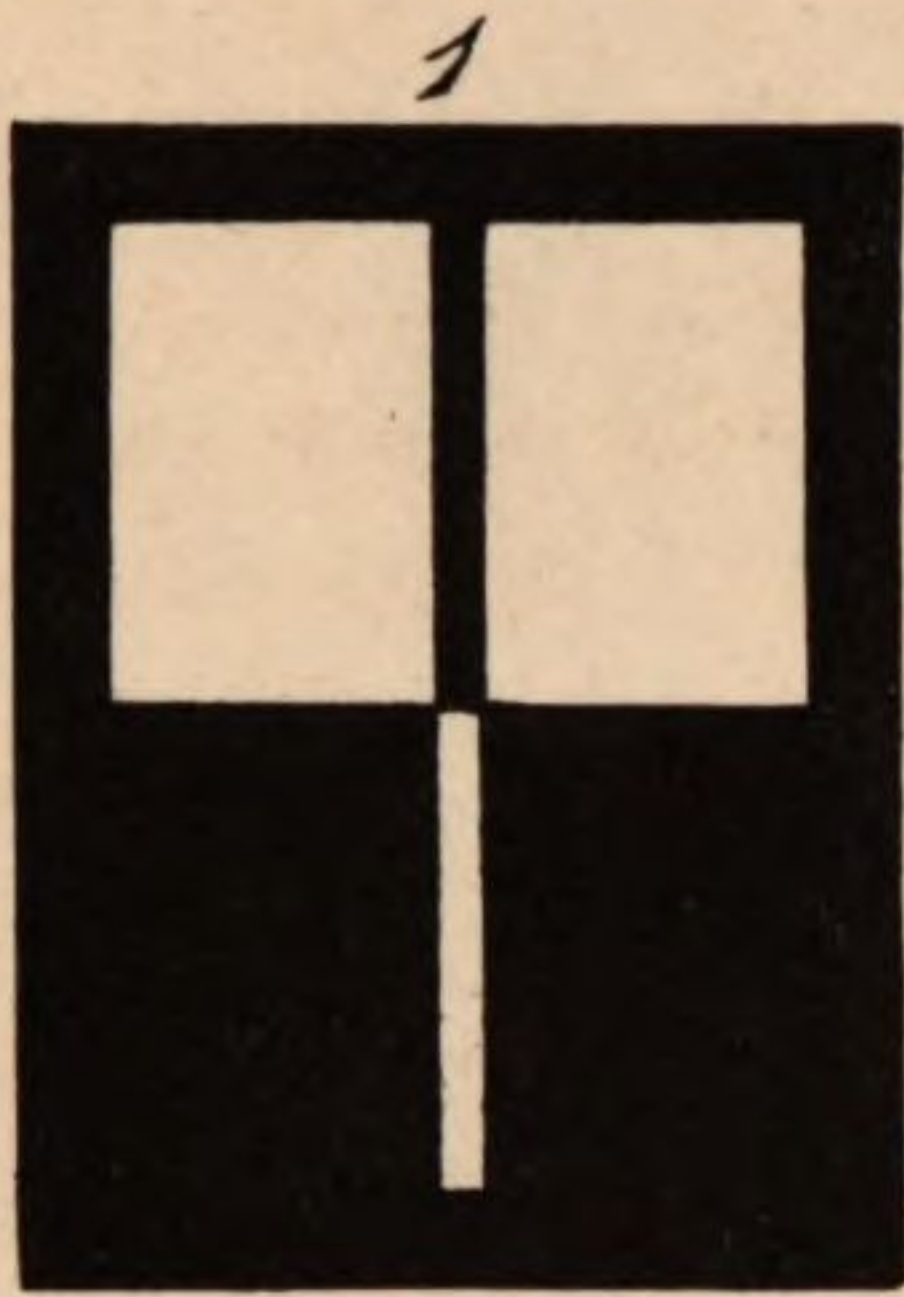
Fig. 57 — 65. Vgl. §. 48. Die weissen Quadratflächen der Fig. 65 mit den schwarzen durch Doppeltsehen zur Deckung gebracht, zeigen Metallglanz.

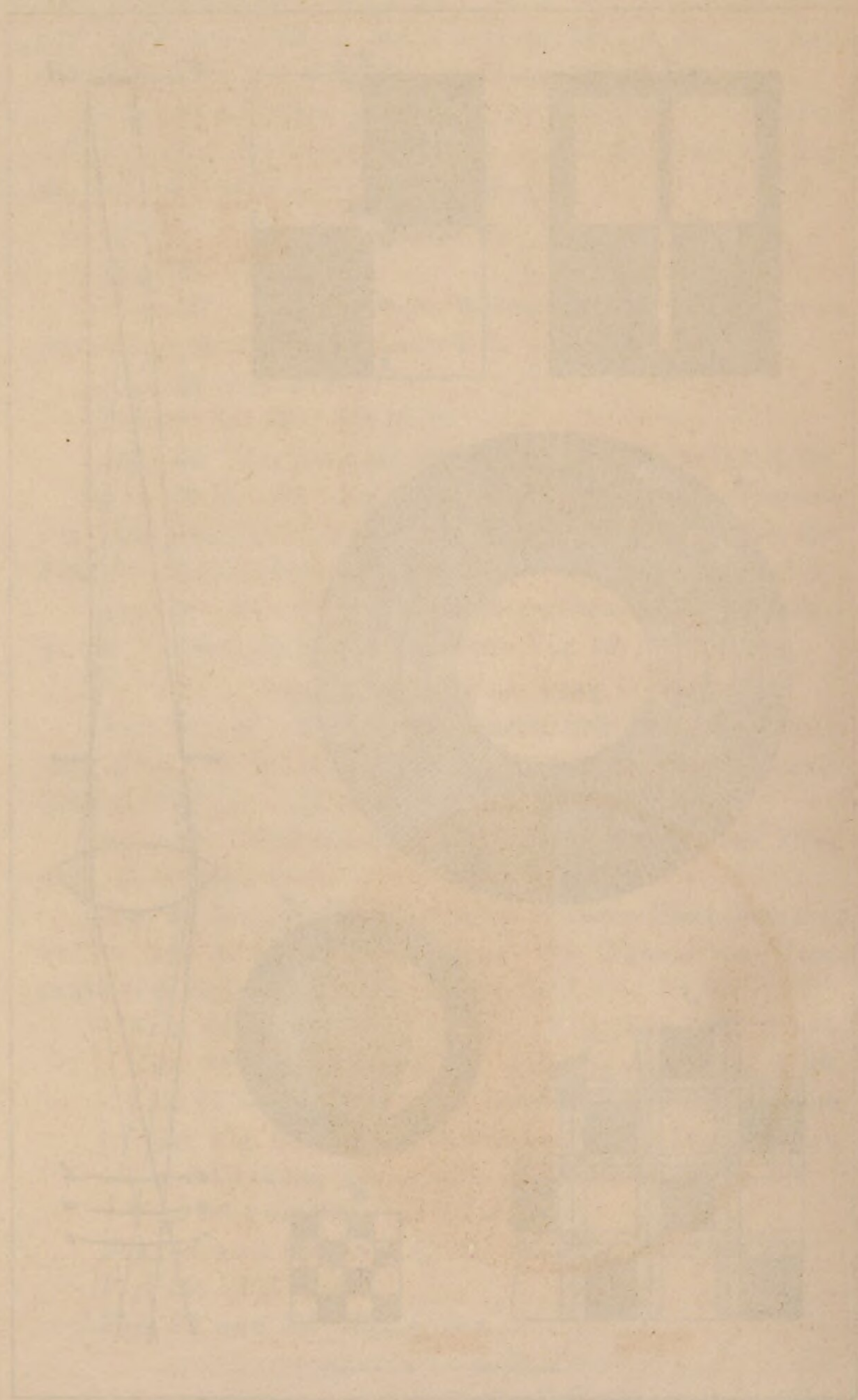
Fig. 66 und 67. Vgl. §. 55.

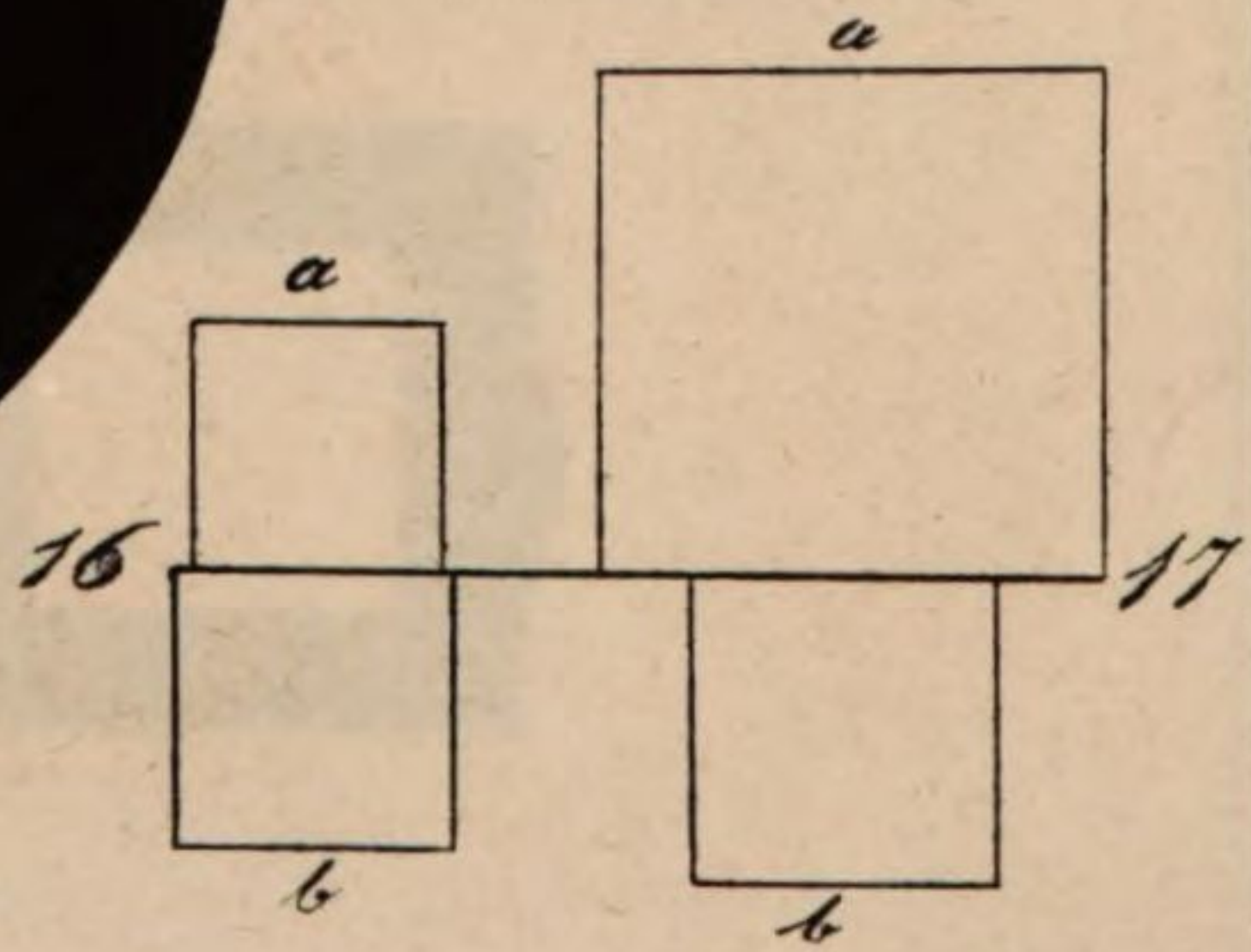
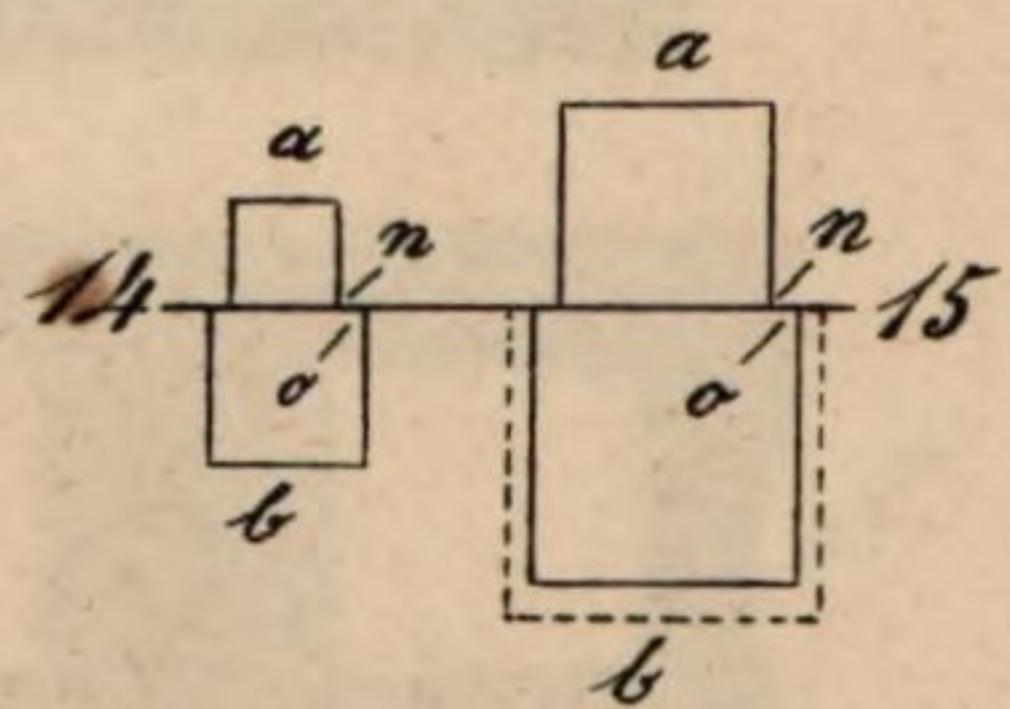
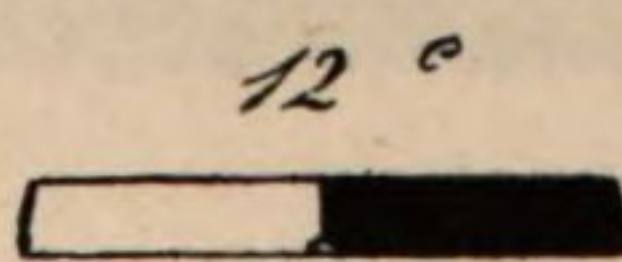
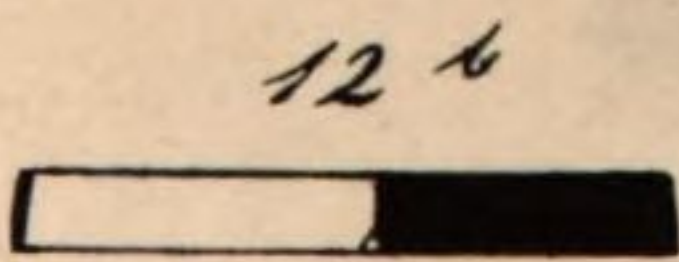
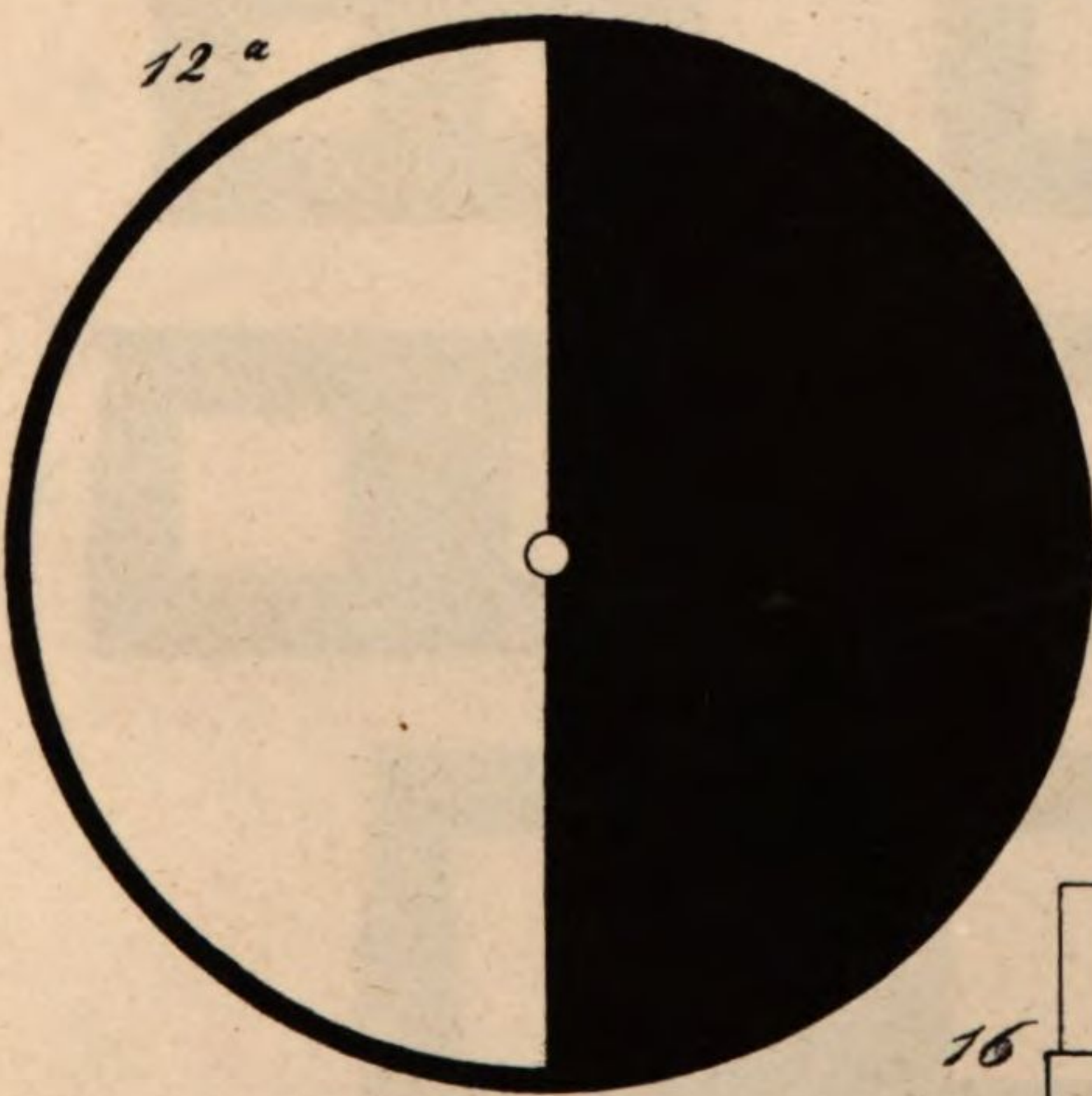
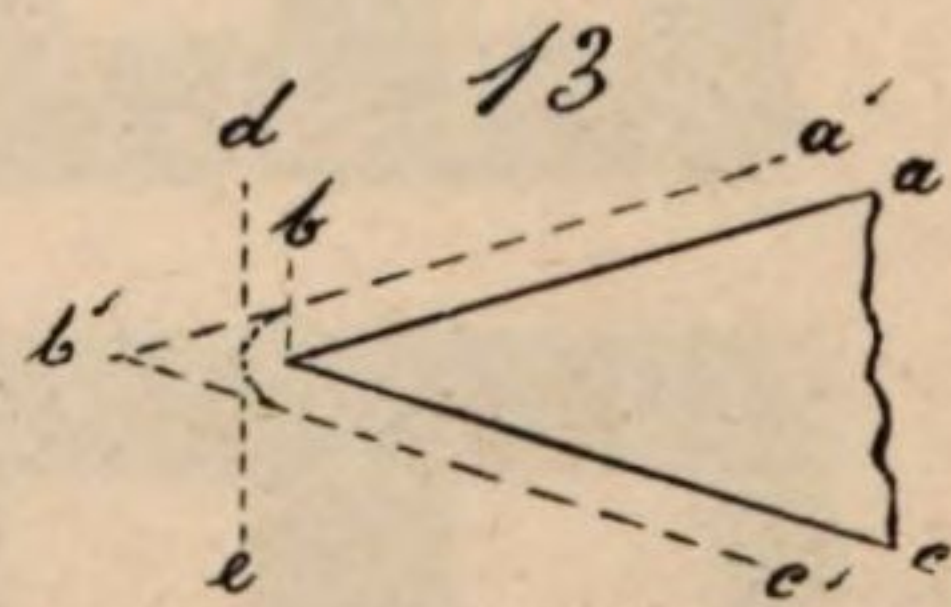
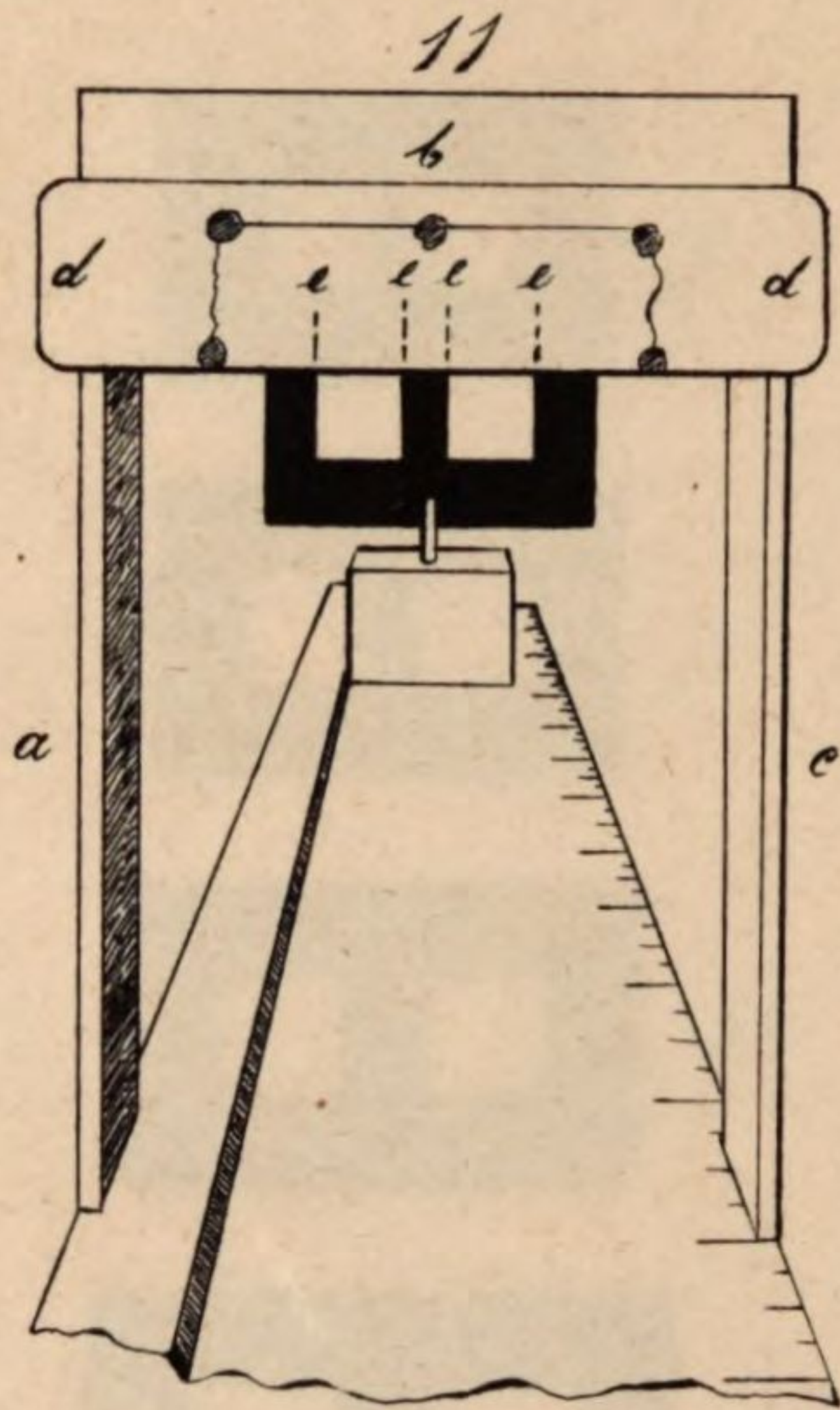
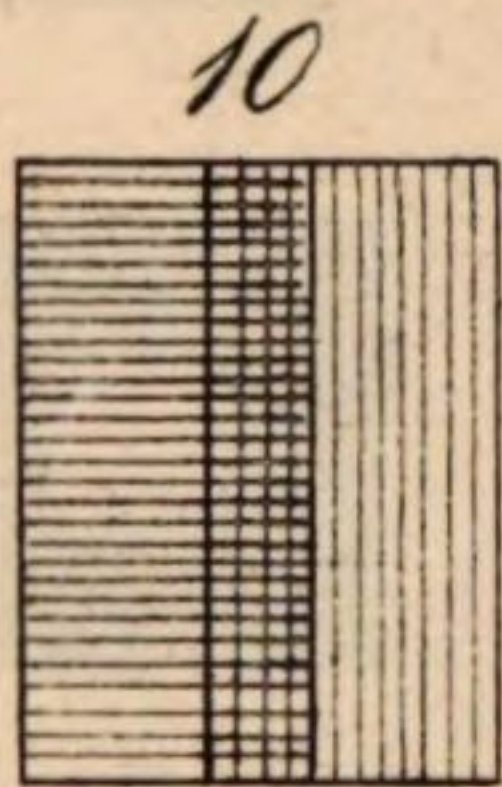
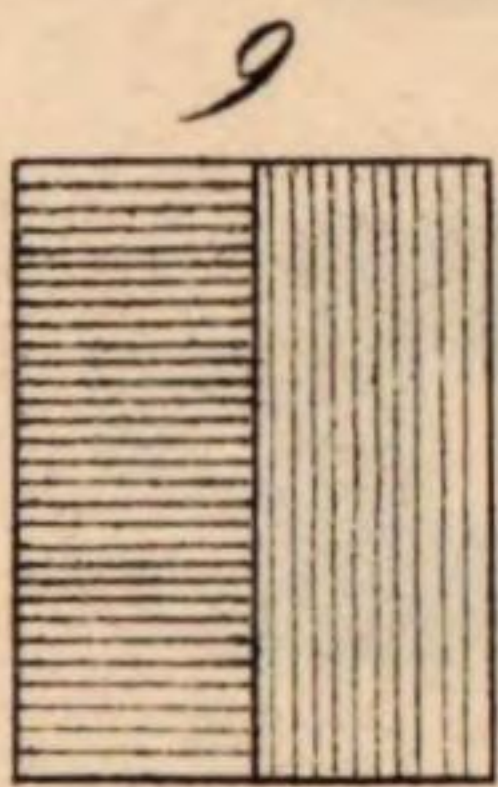
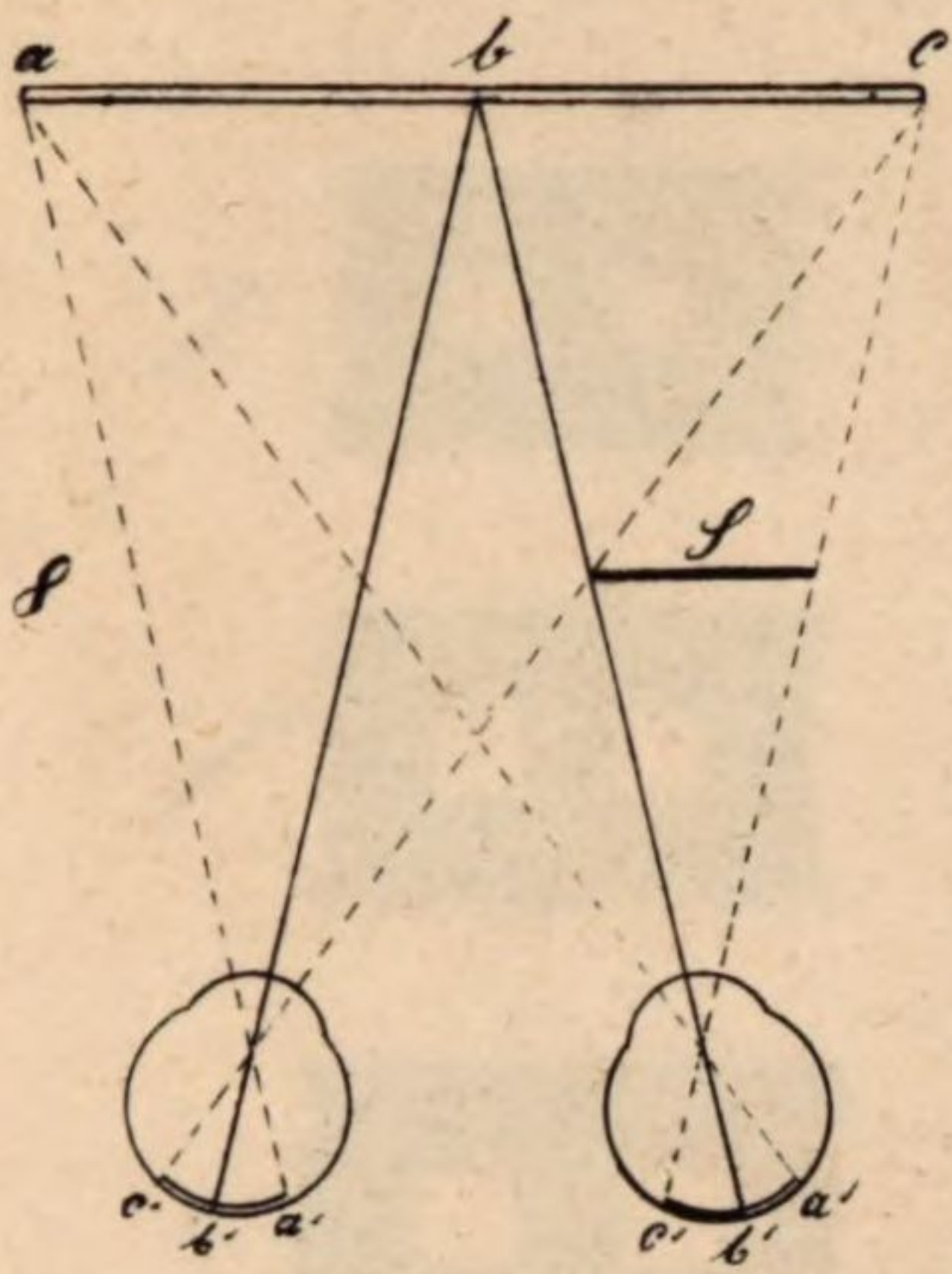
Fig. 68 und 69. Vgl. §. 58.

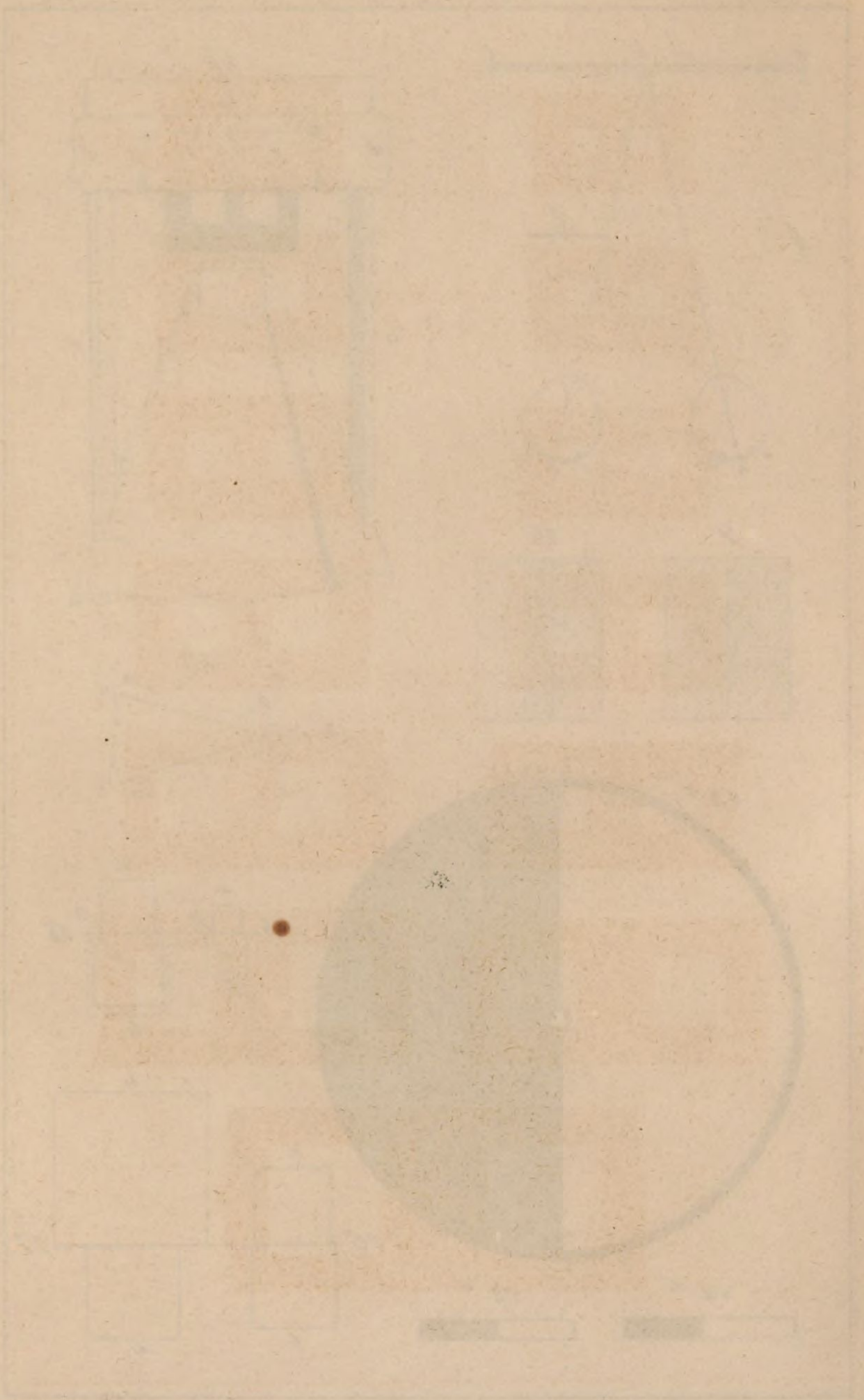
Fig. 70. Vgl. §. 63.

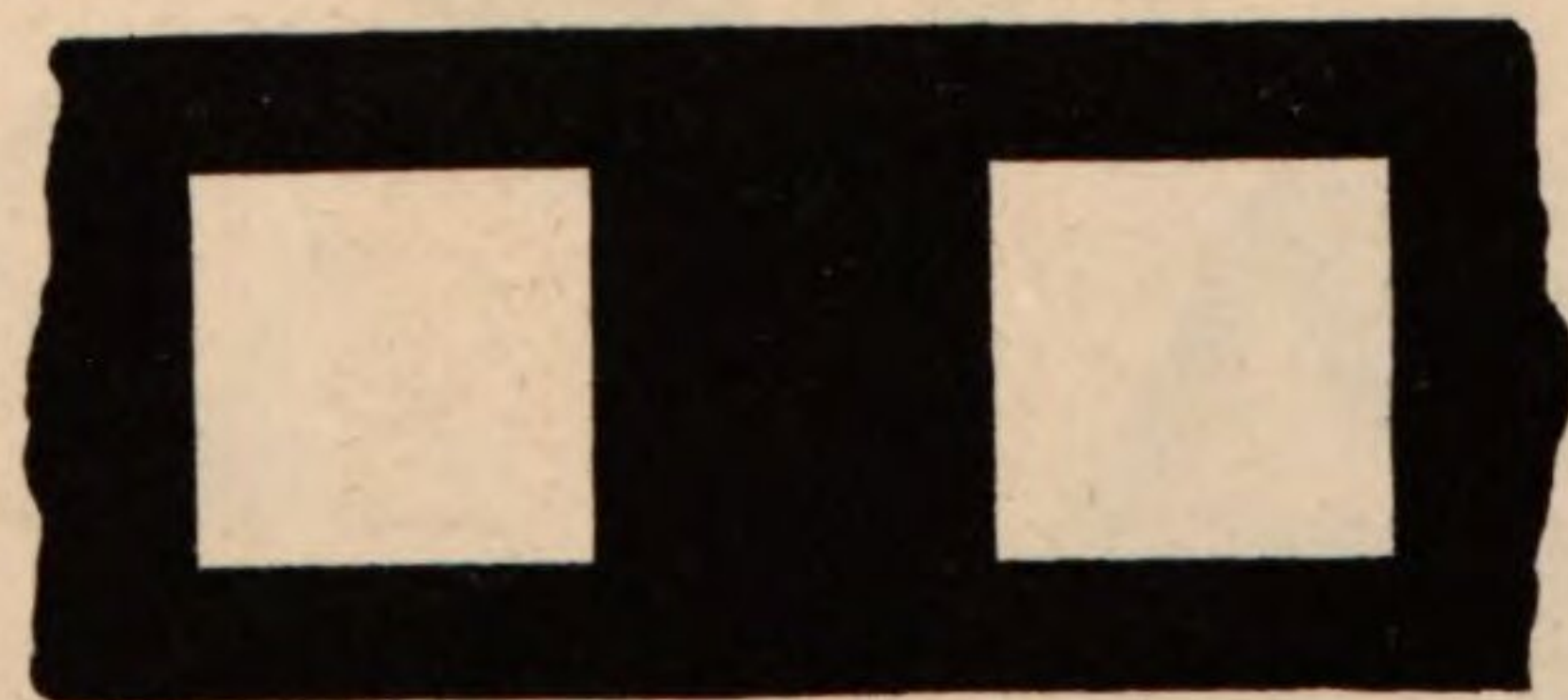
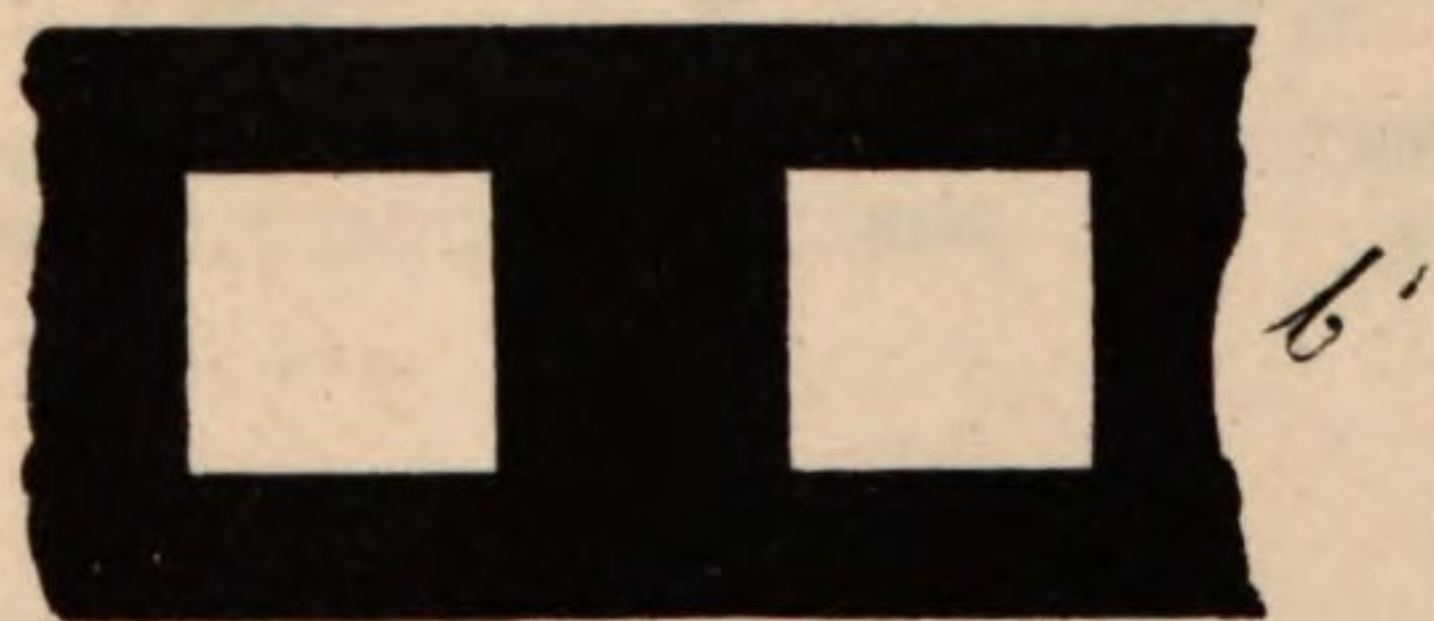
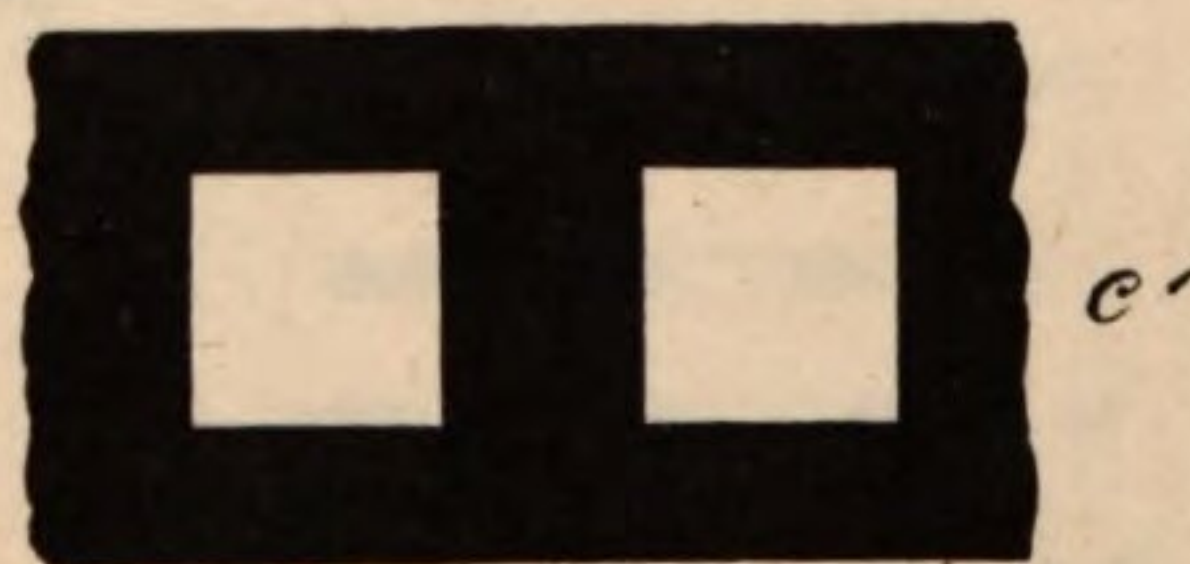
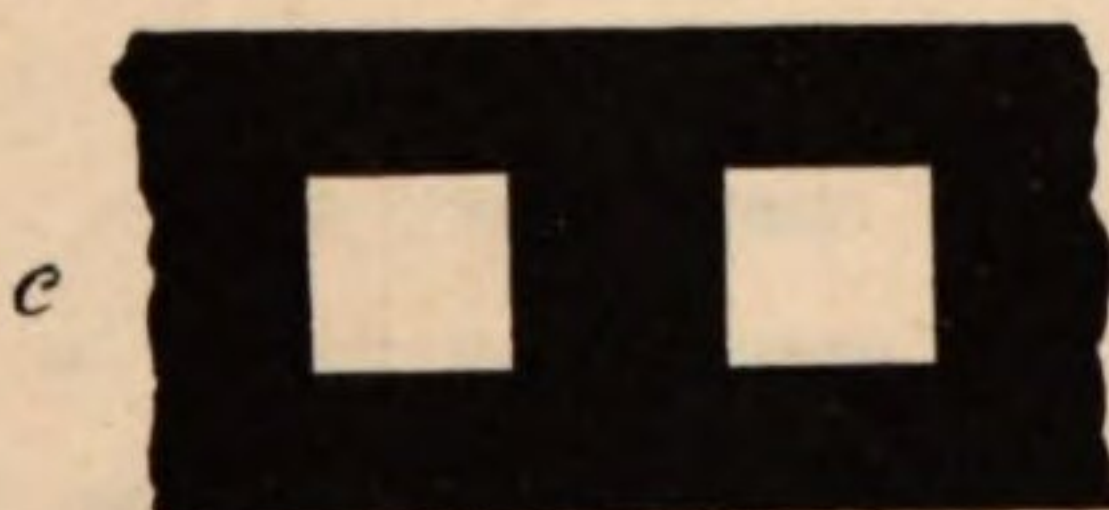
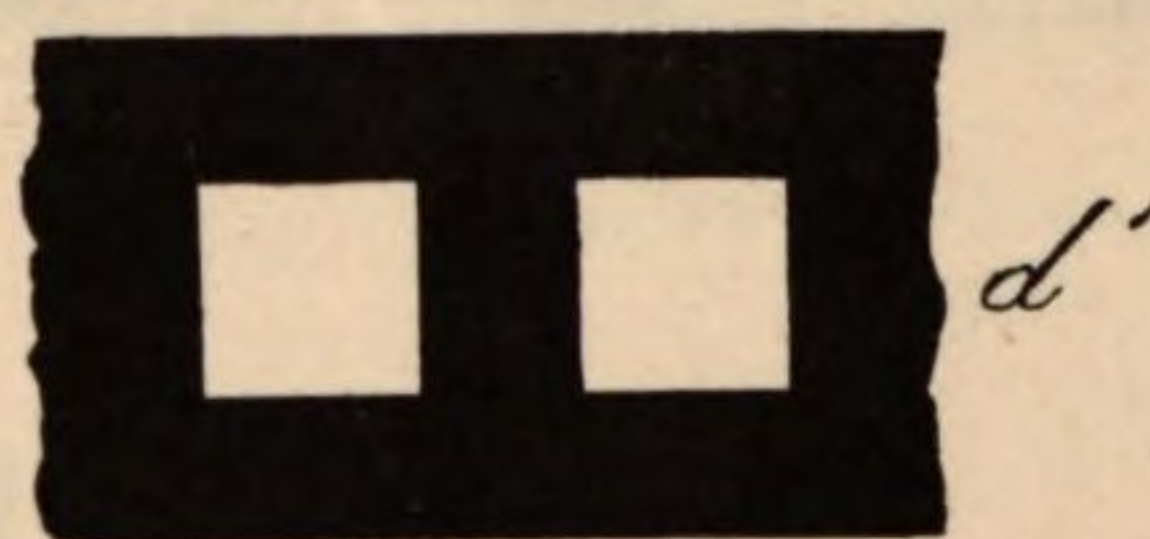
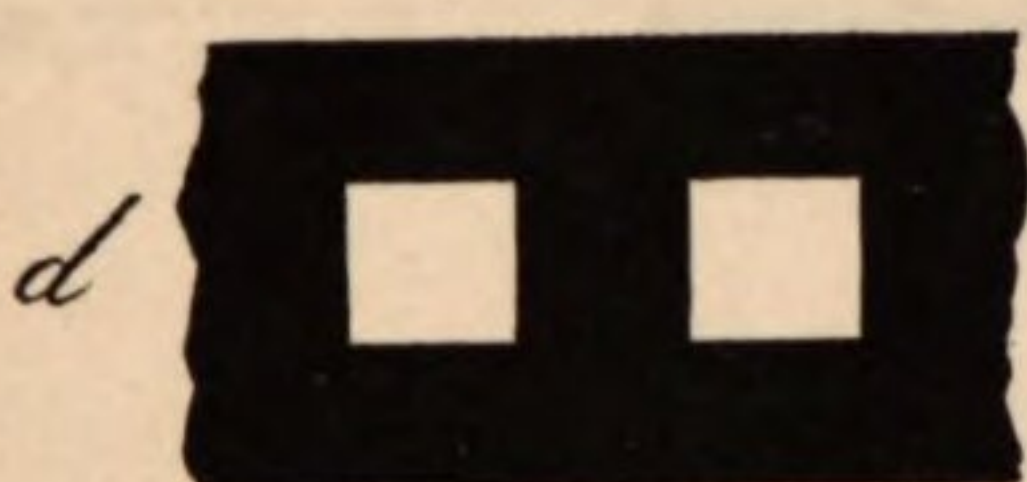
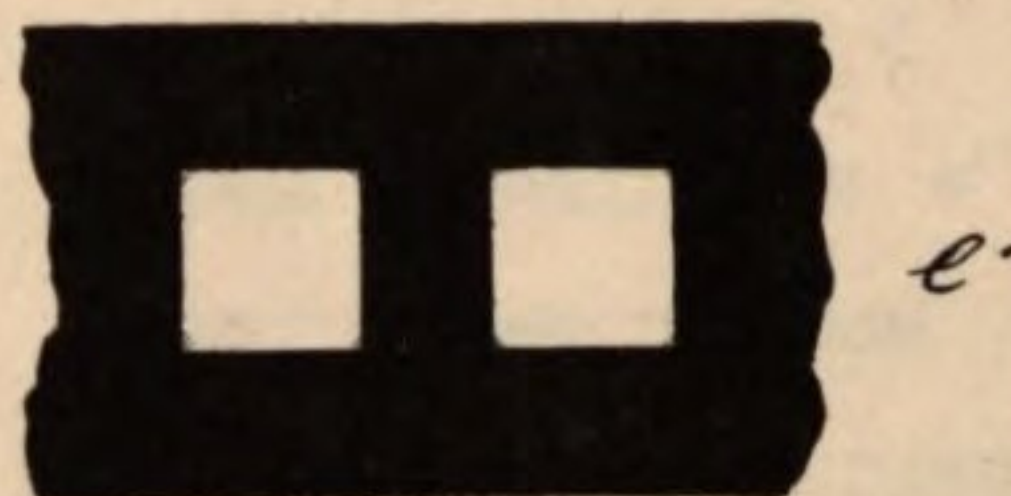
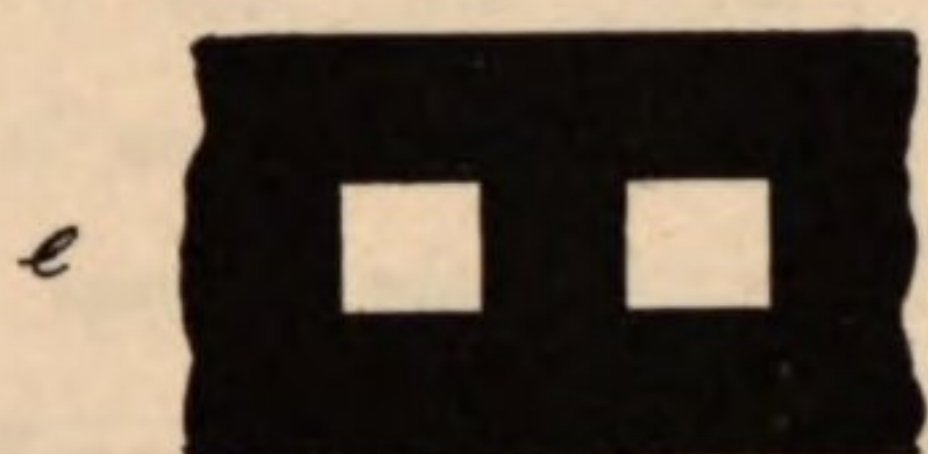
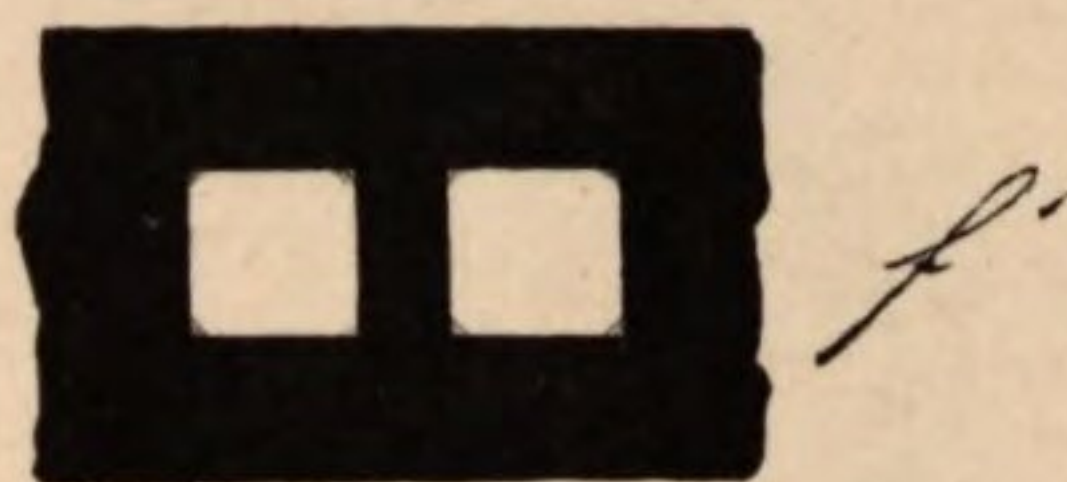
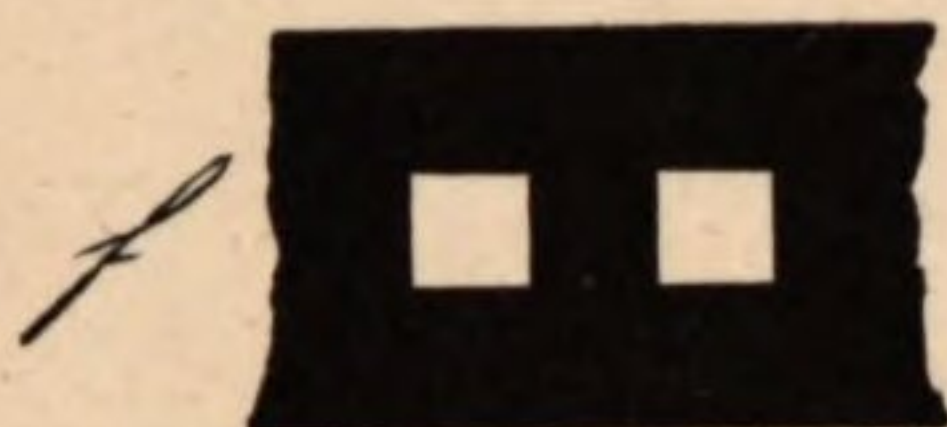
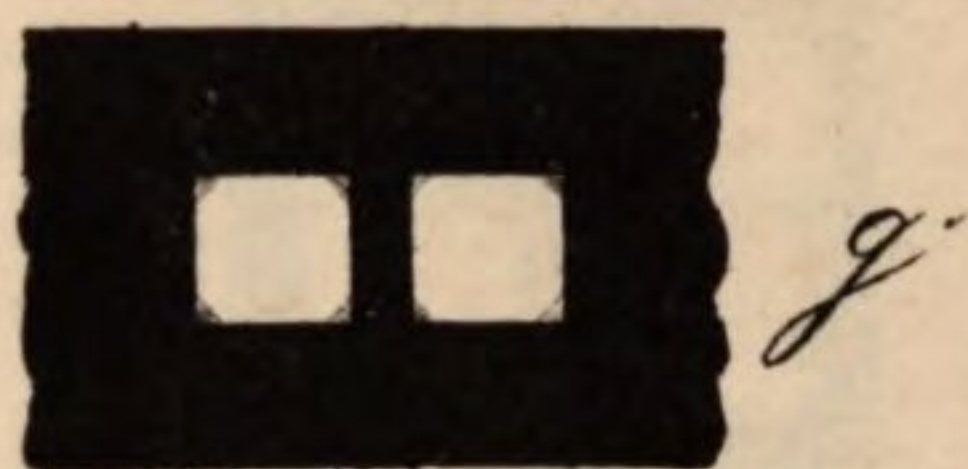
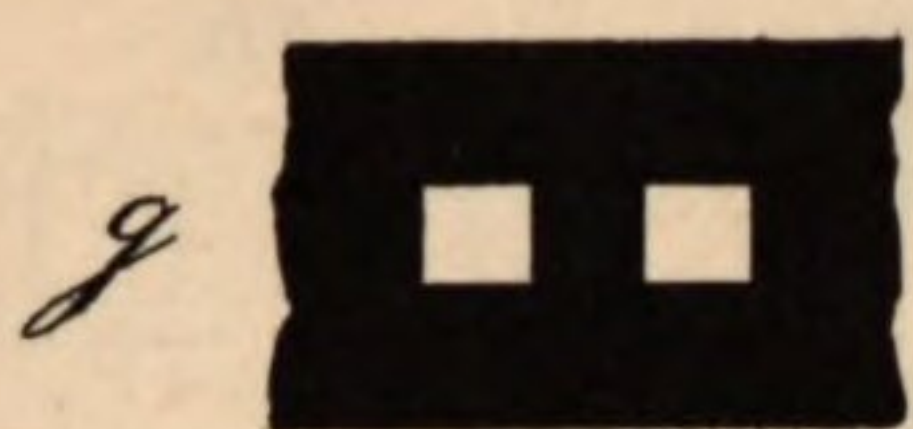
Fig. 71 und 72. Vgl. §. 6 a.

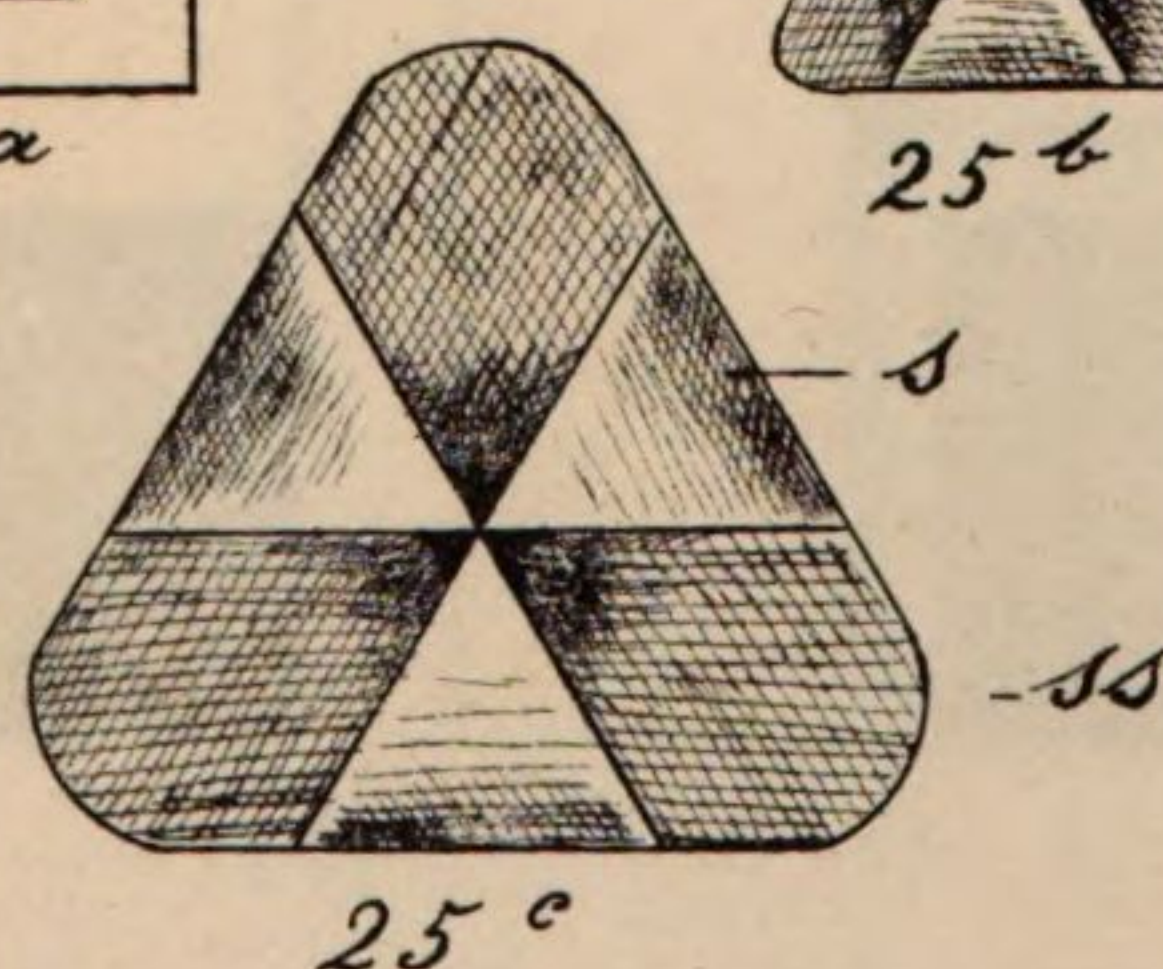
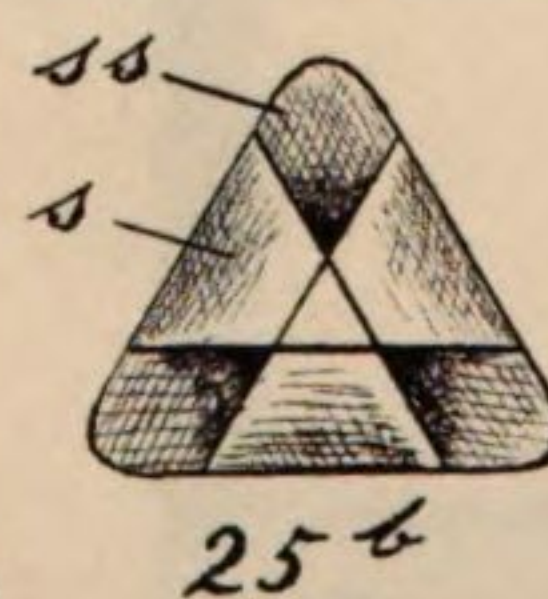
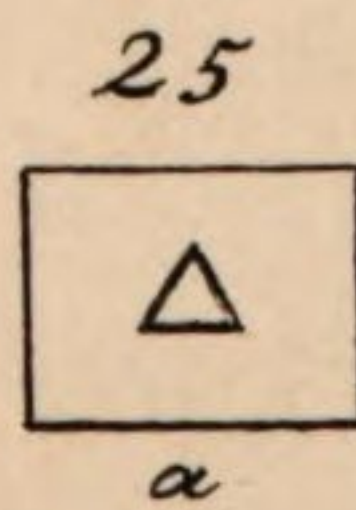
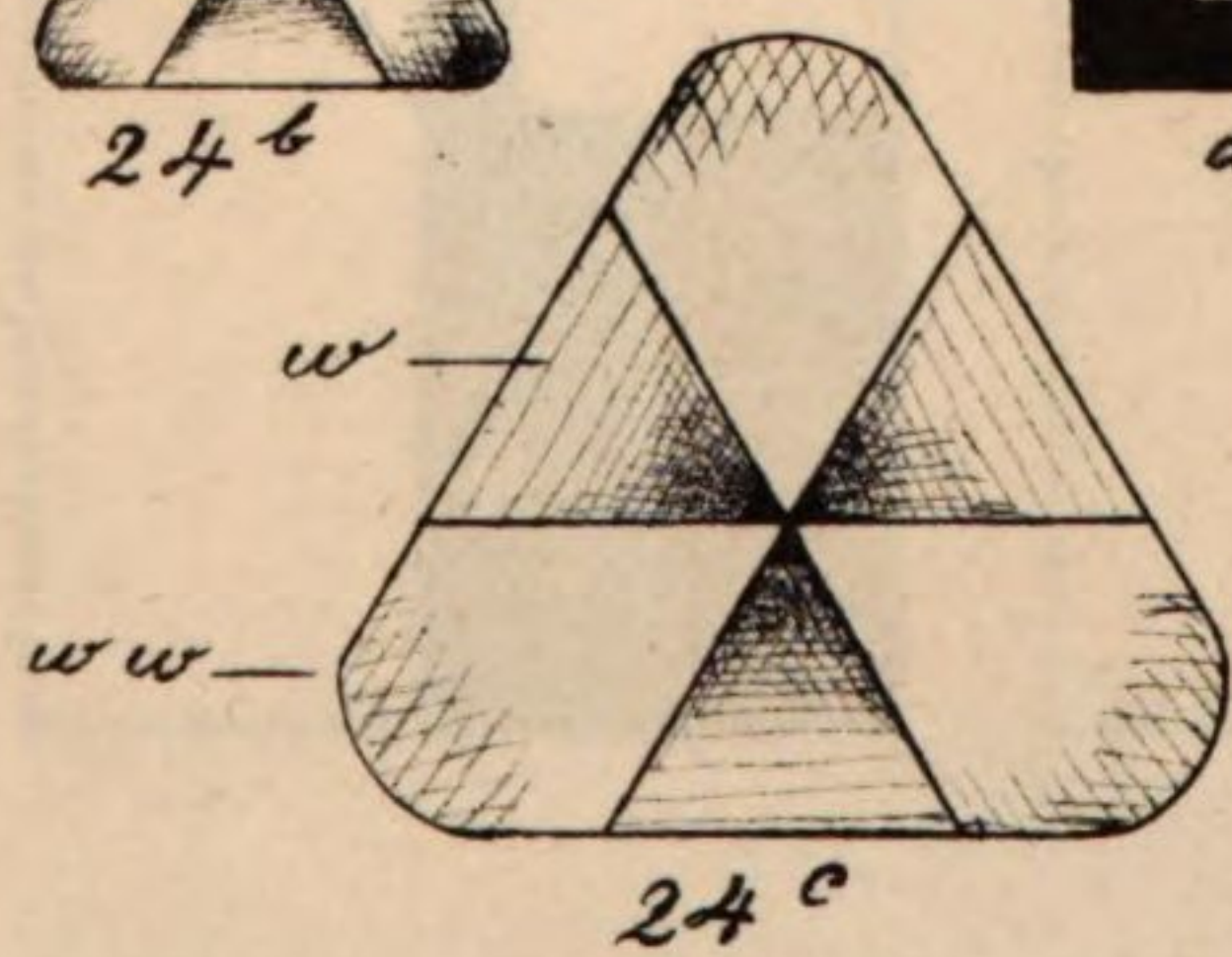
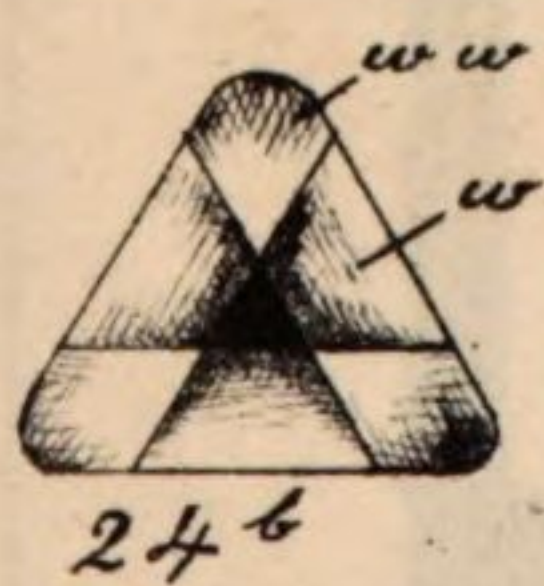
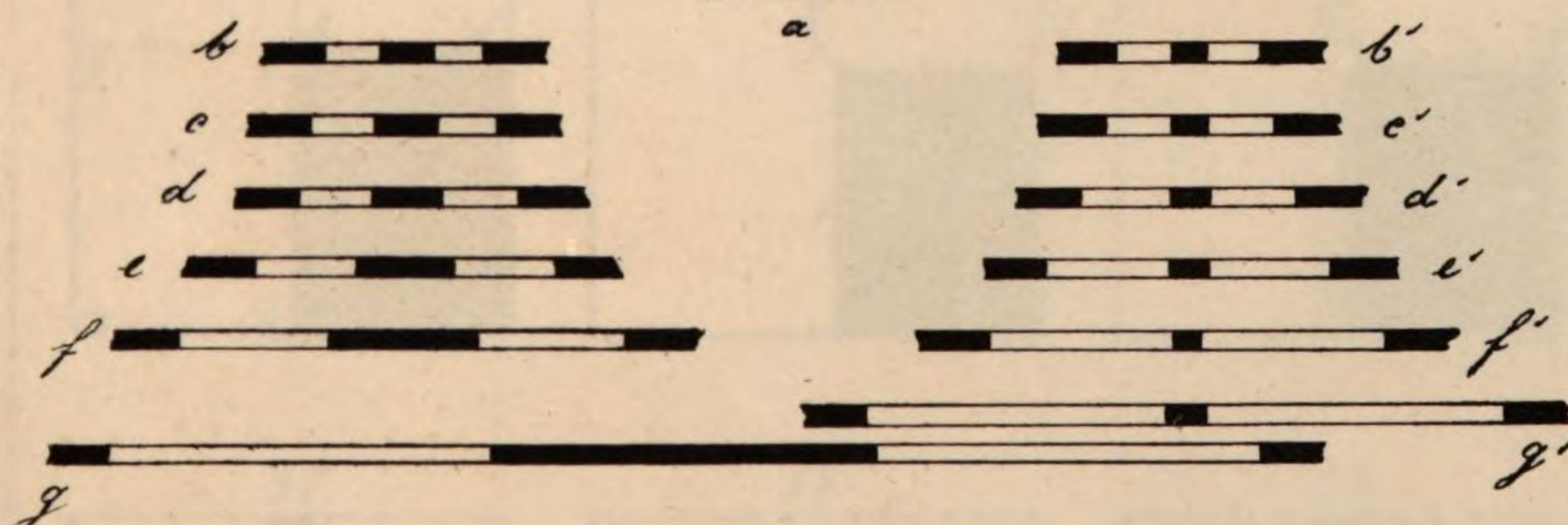
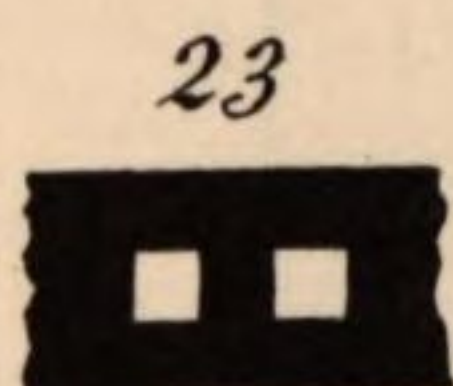
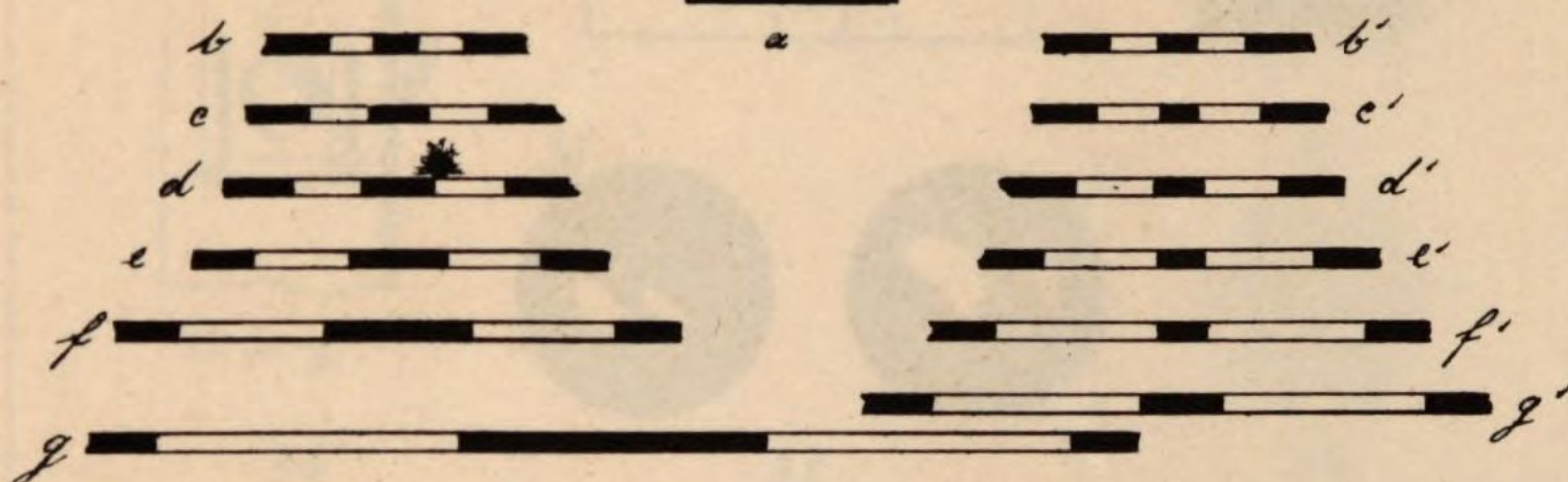
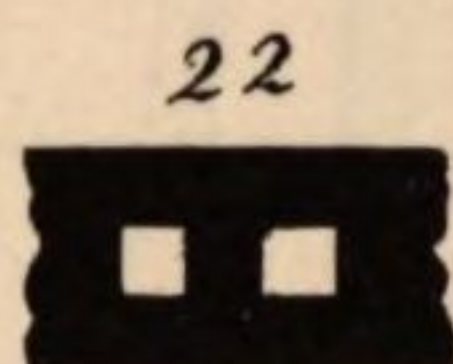
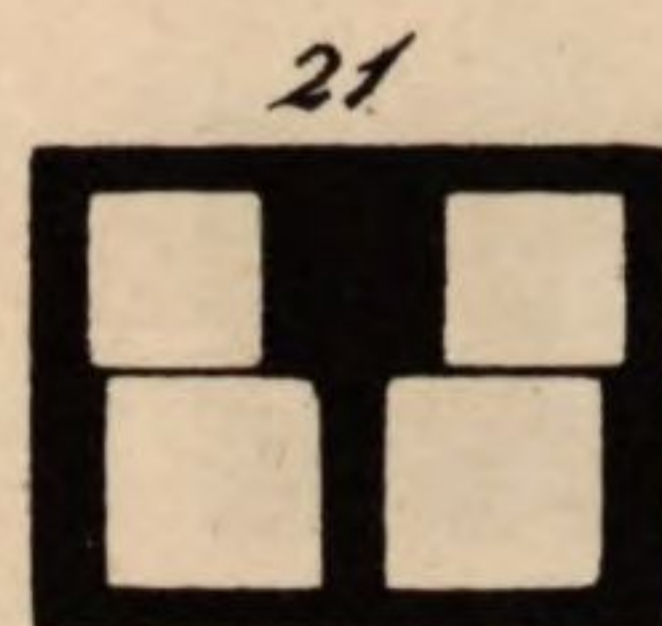
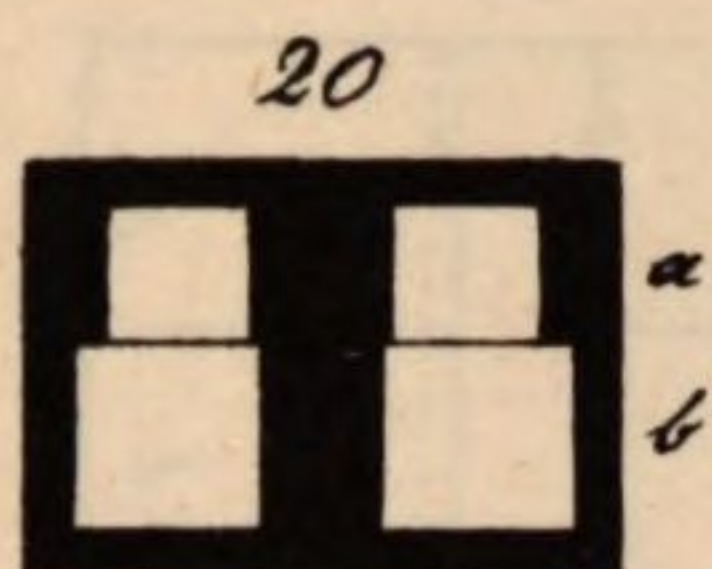
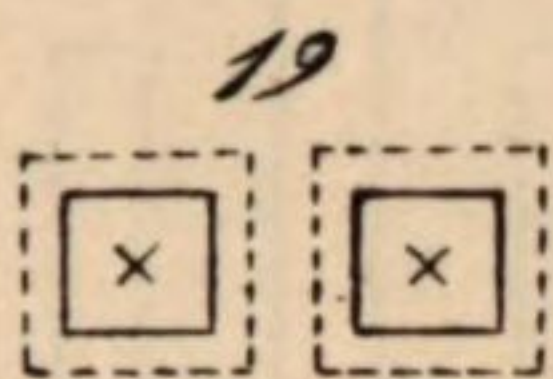












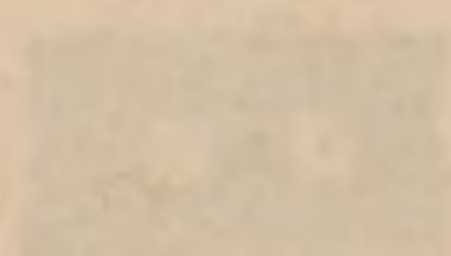
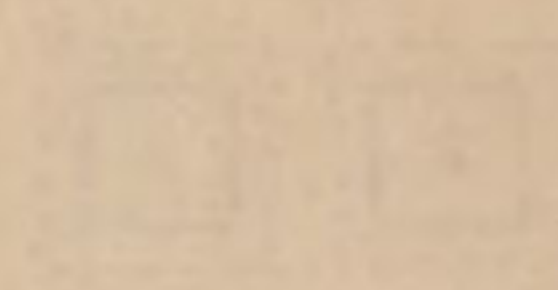
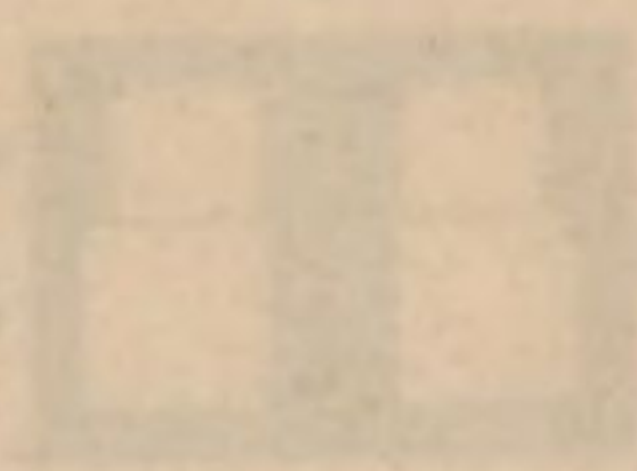


Figure 1. A square divided into four quadrants by a vertical and horizontal line. The top-left quadrant contains a small square. The top-right quadrant contains a small square. The bottom-left quadrant contains a small square. The bottom-right quadrant contains a small square.

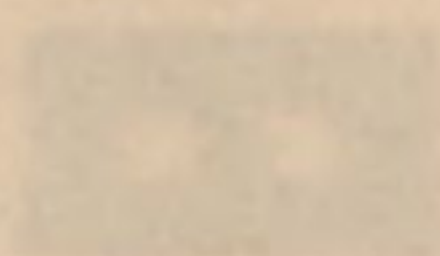
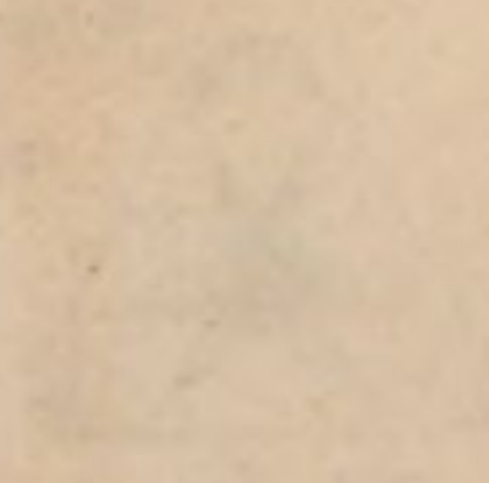
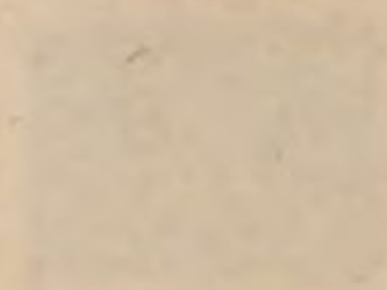
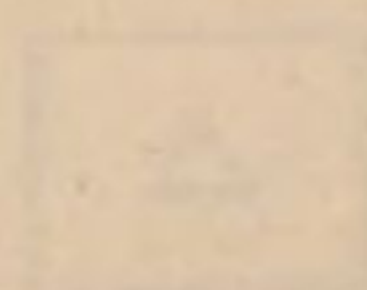
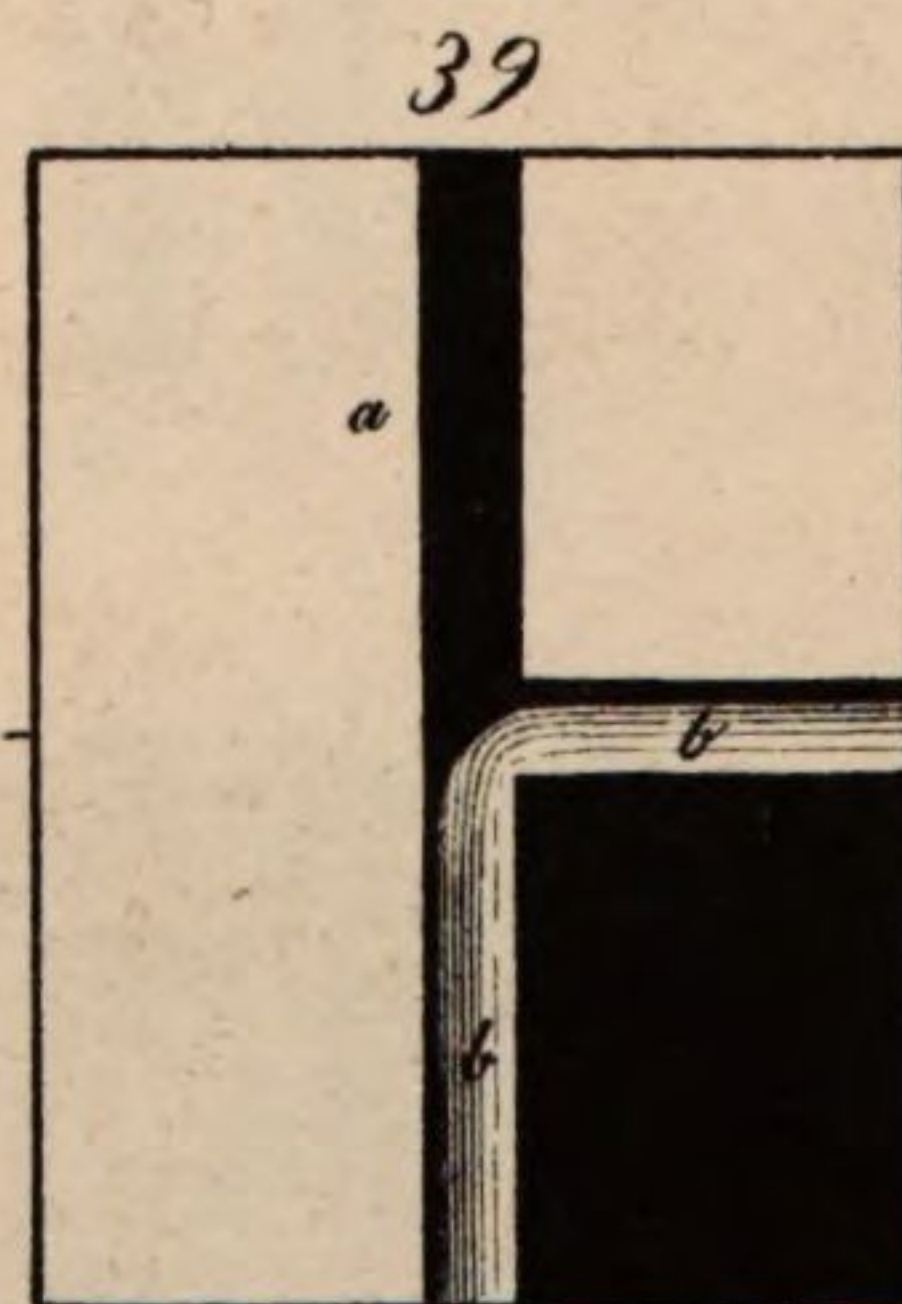
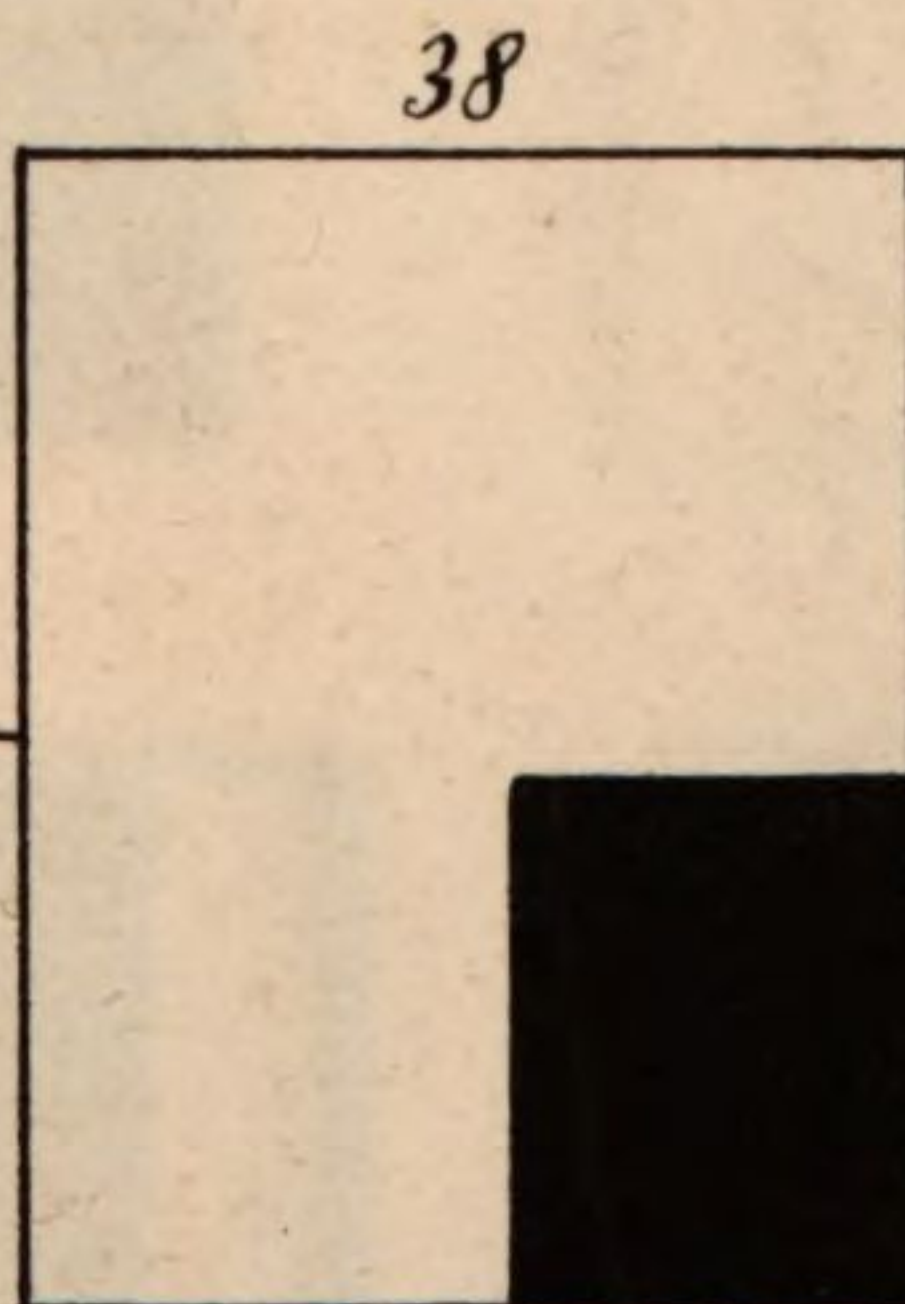
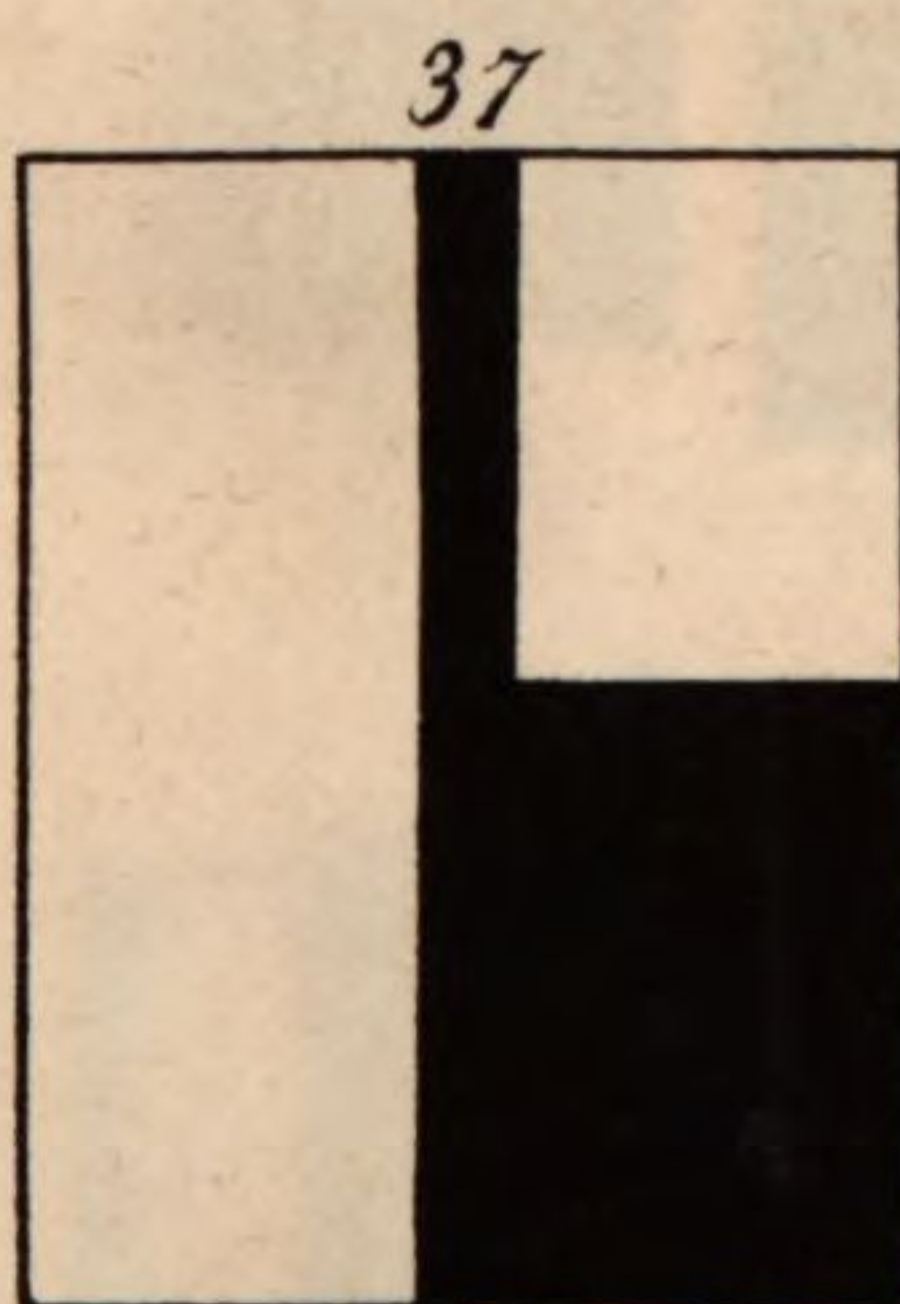
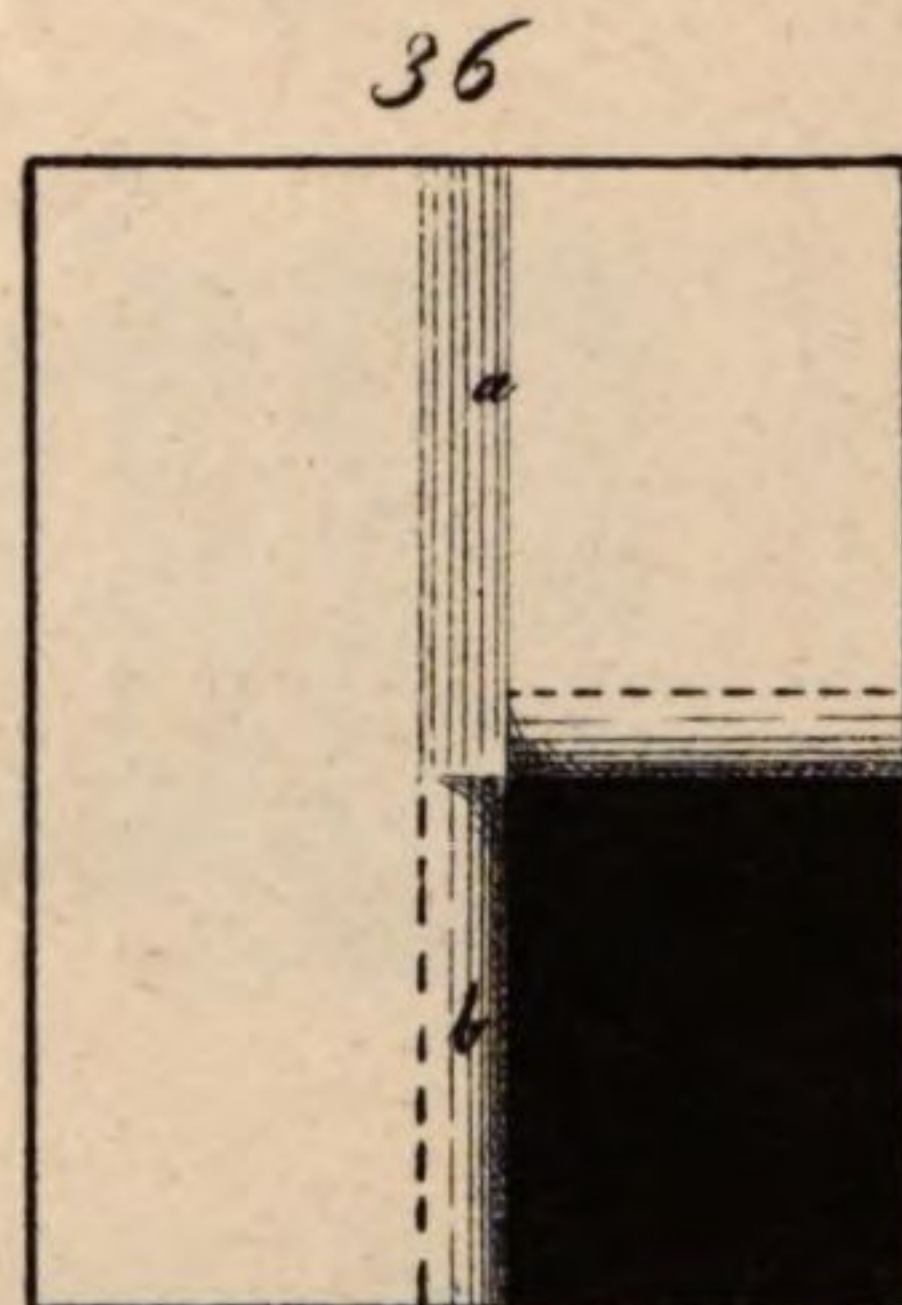
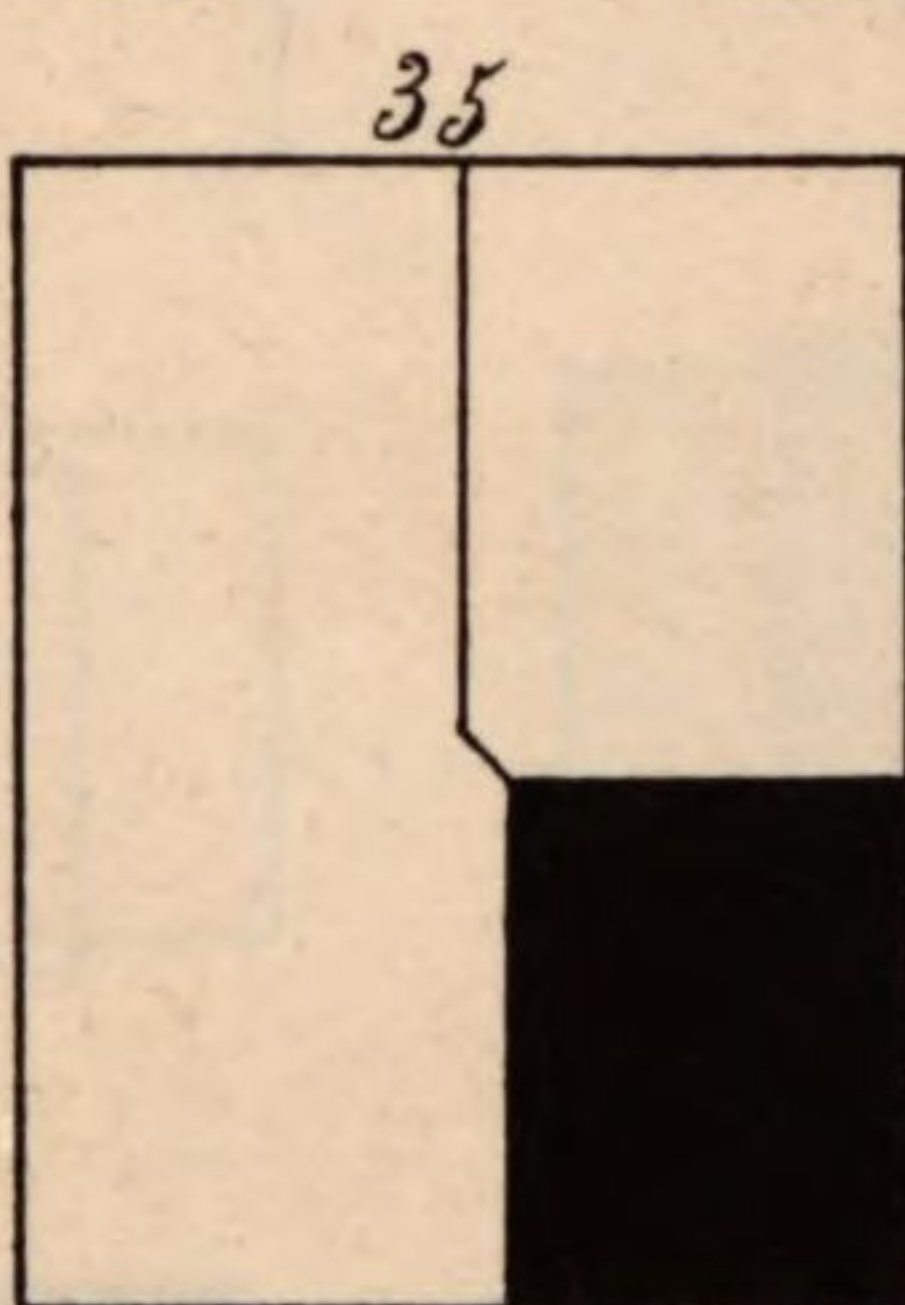
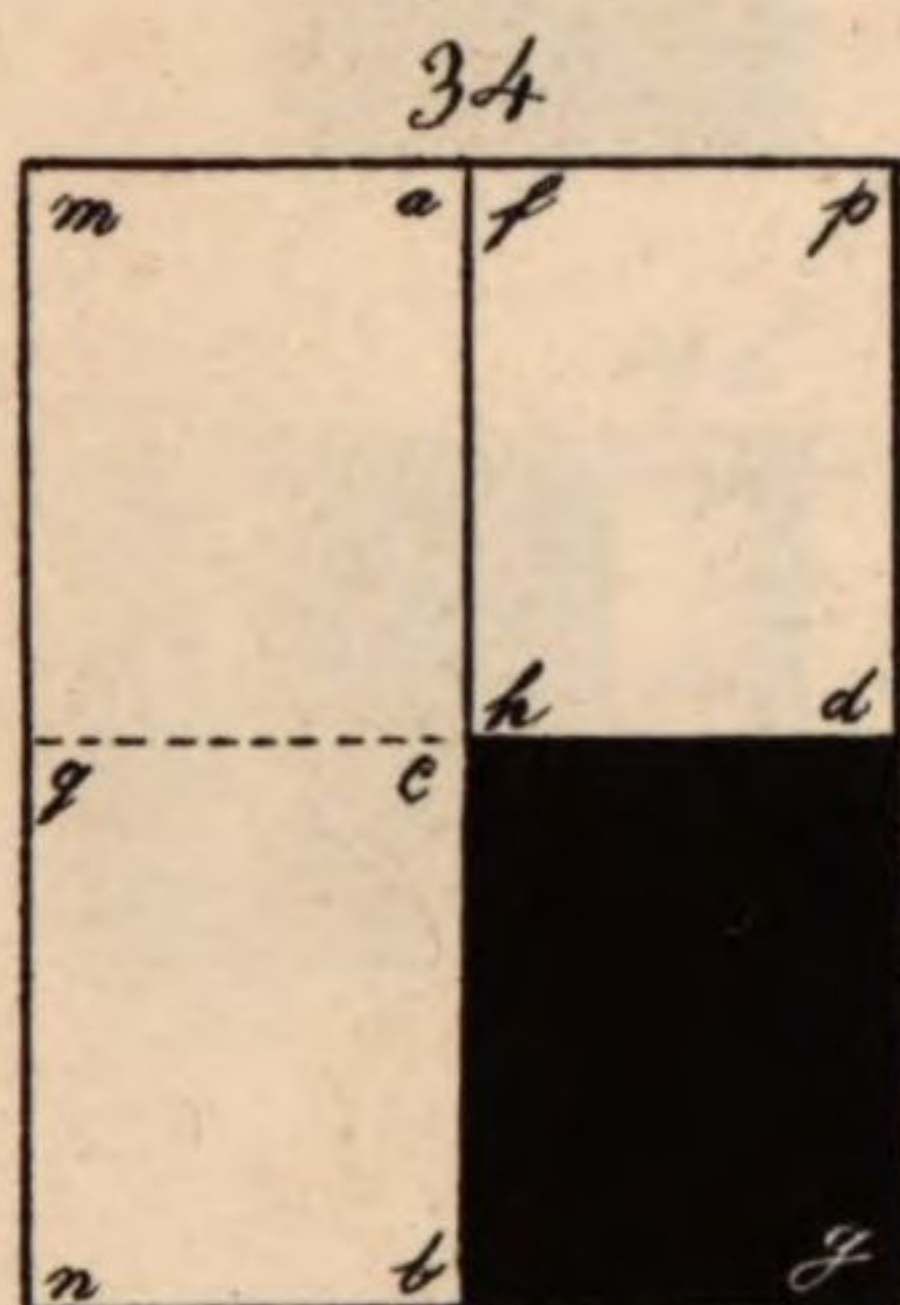
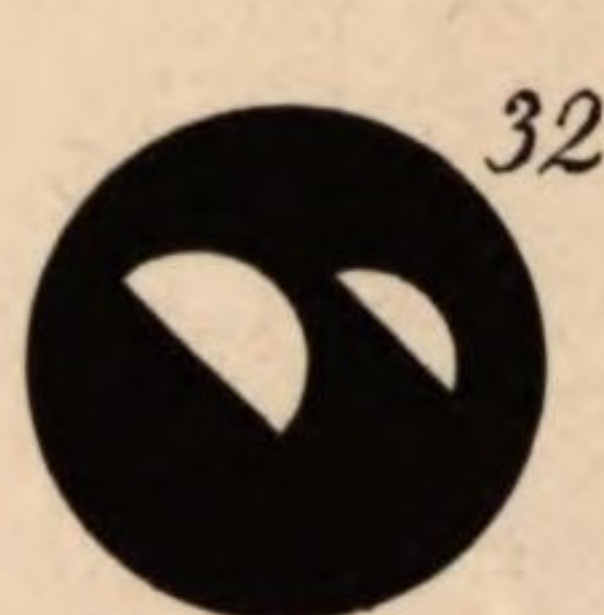
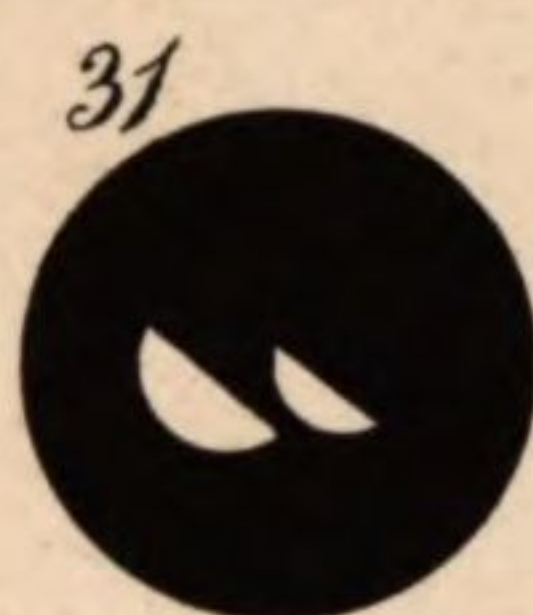
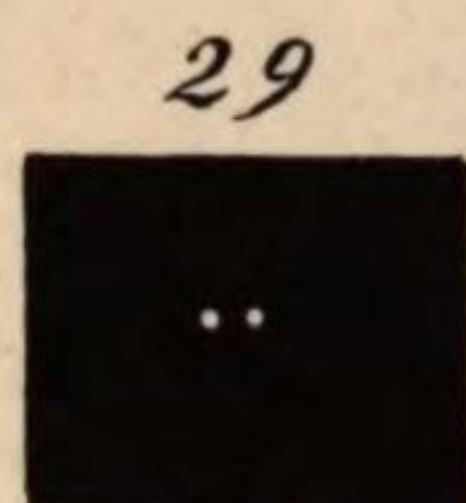
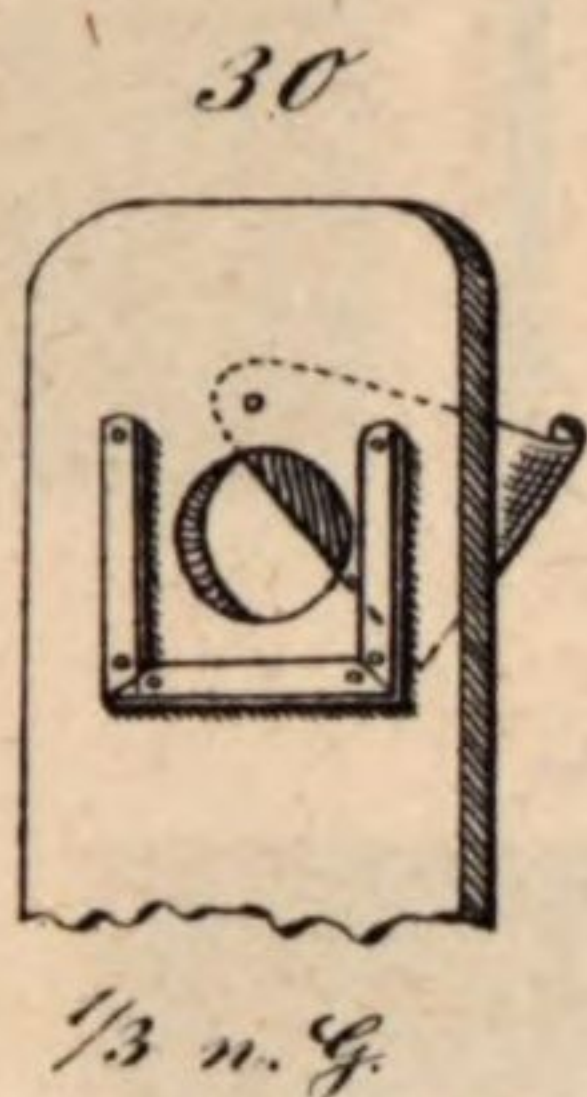
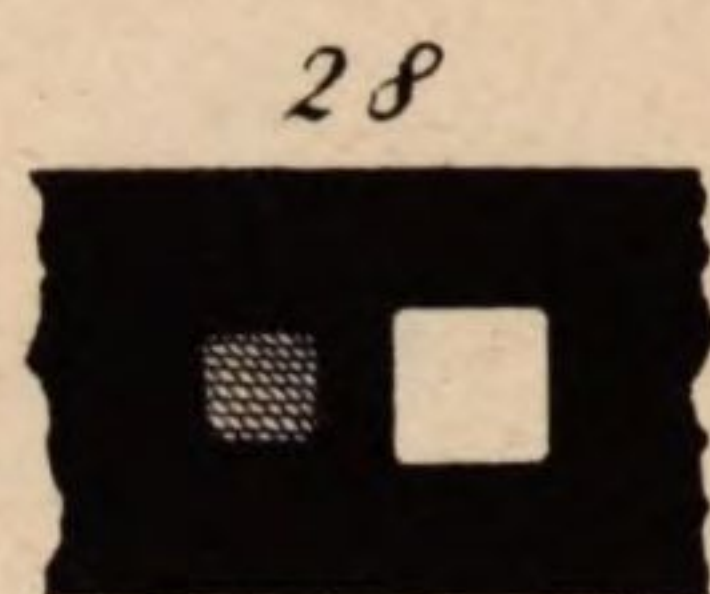
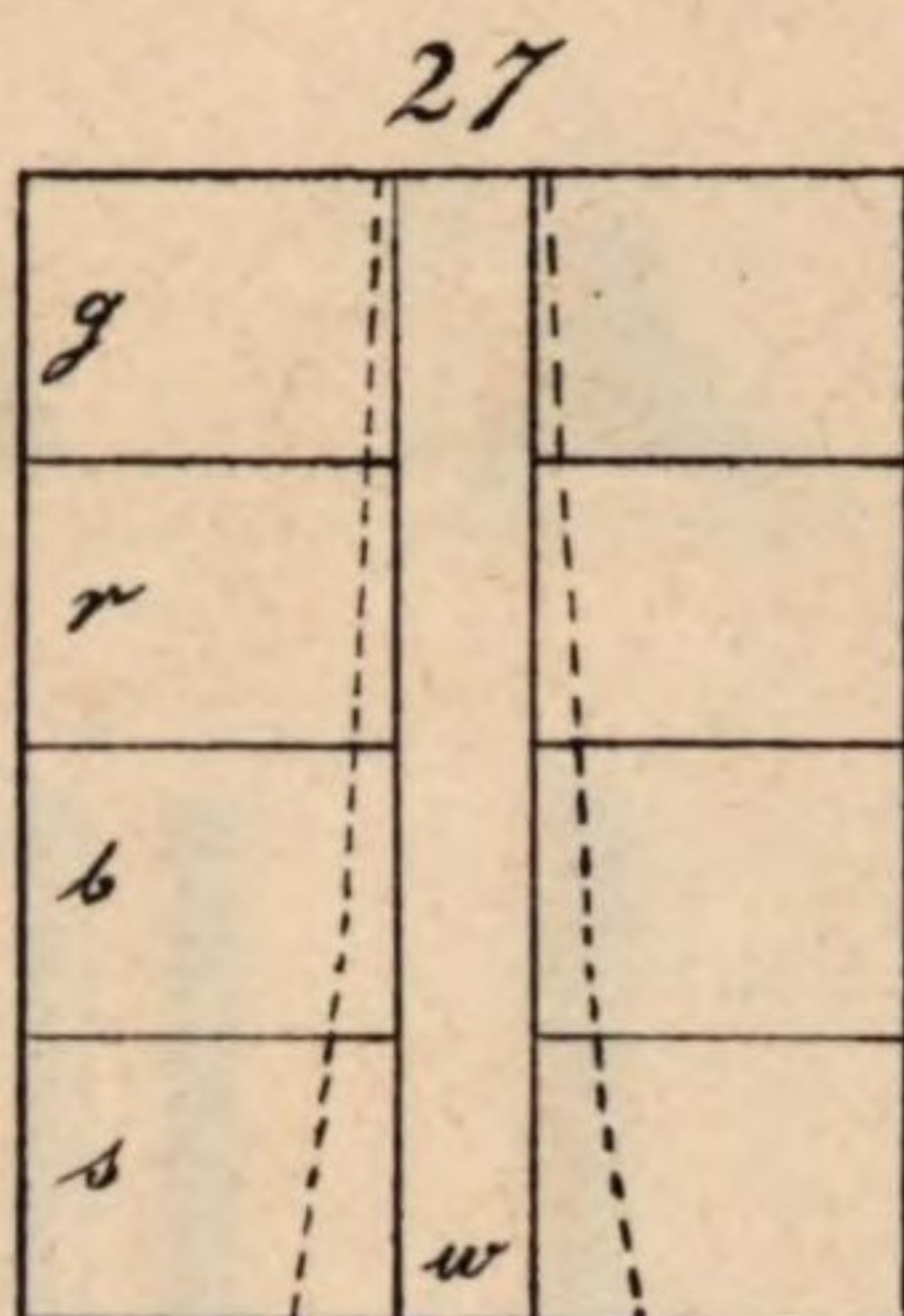
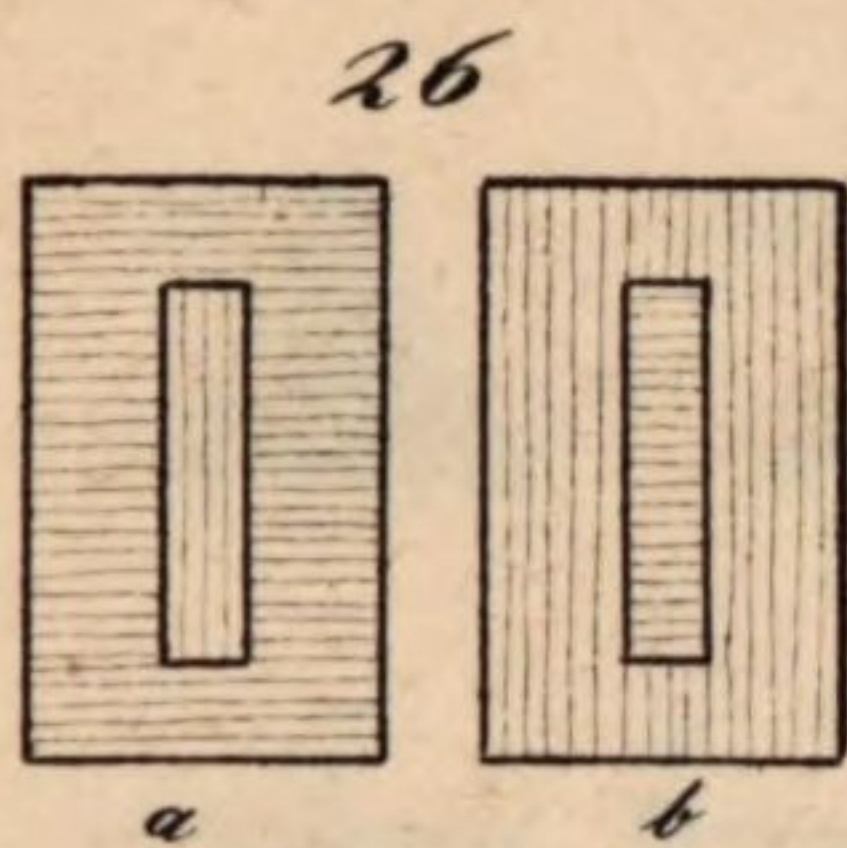
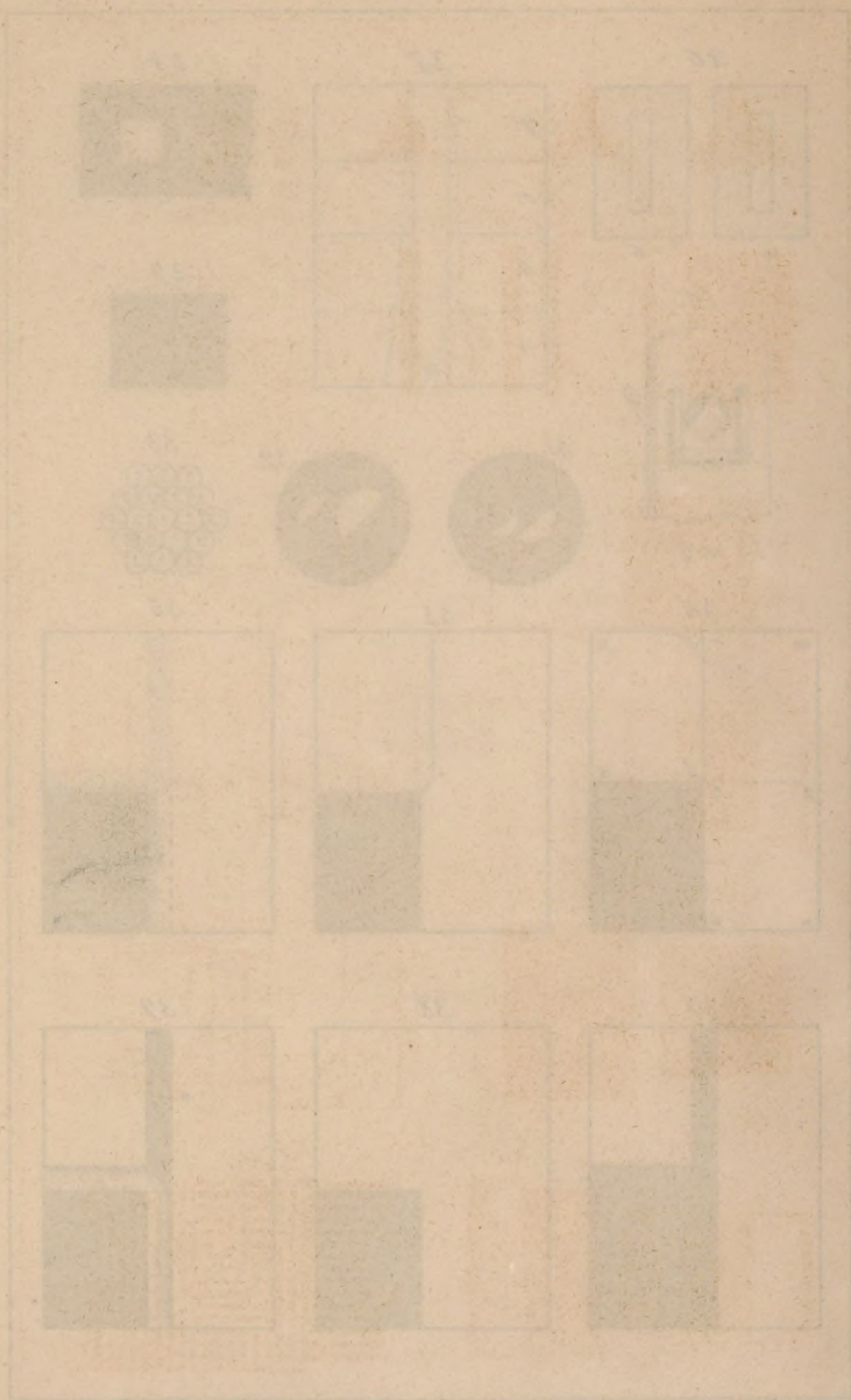
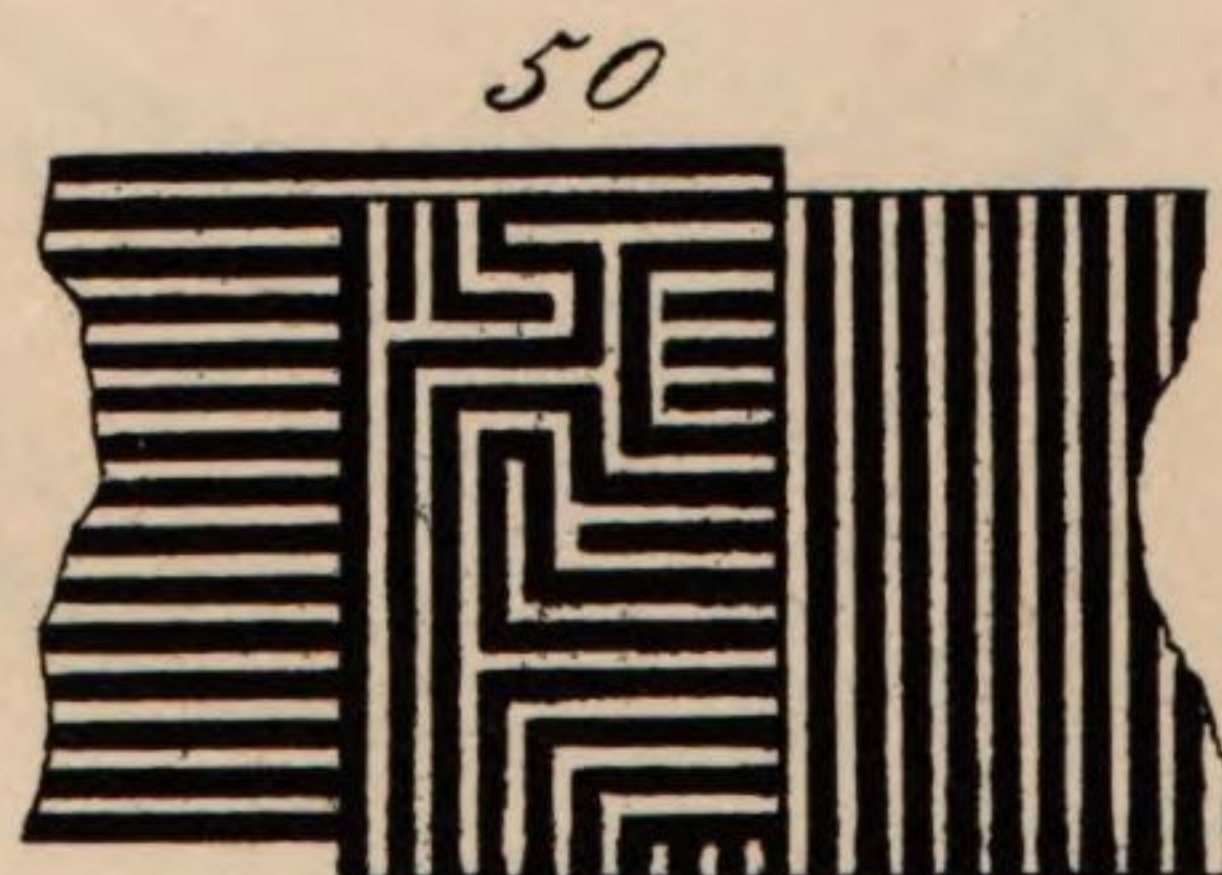
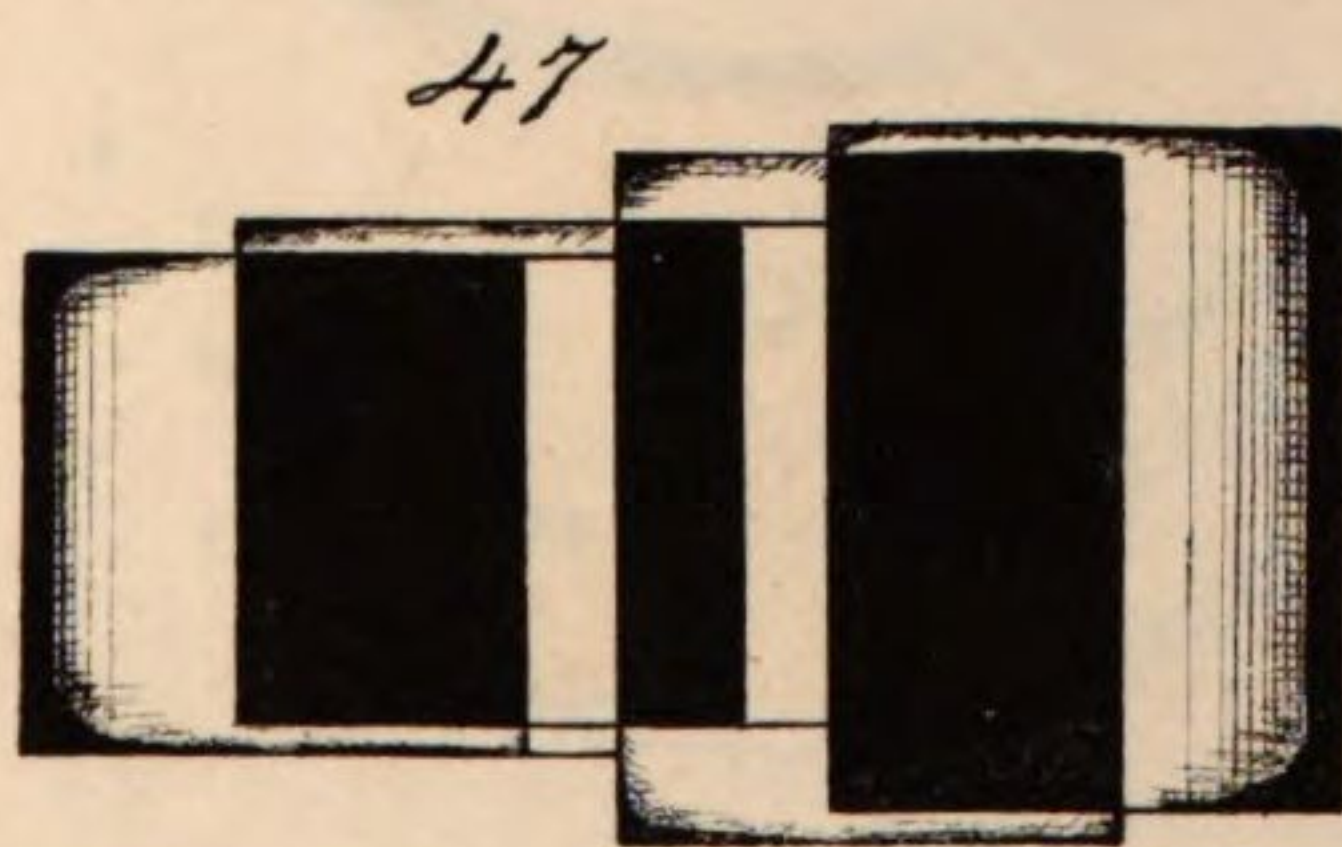
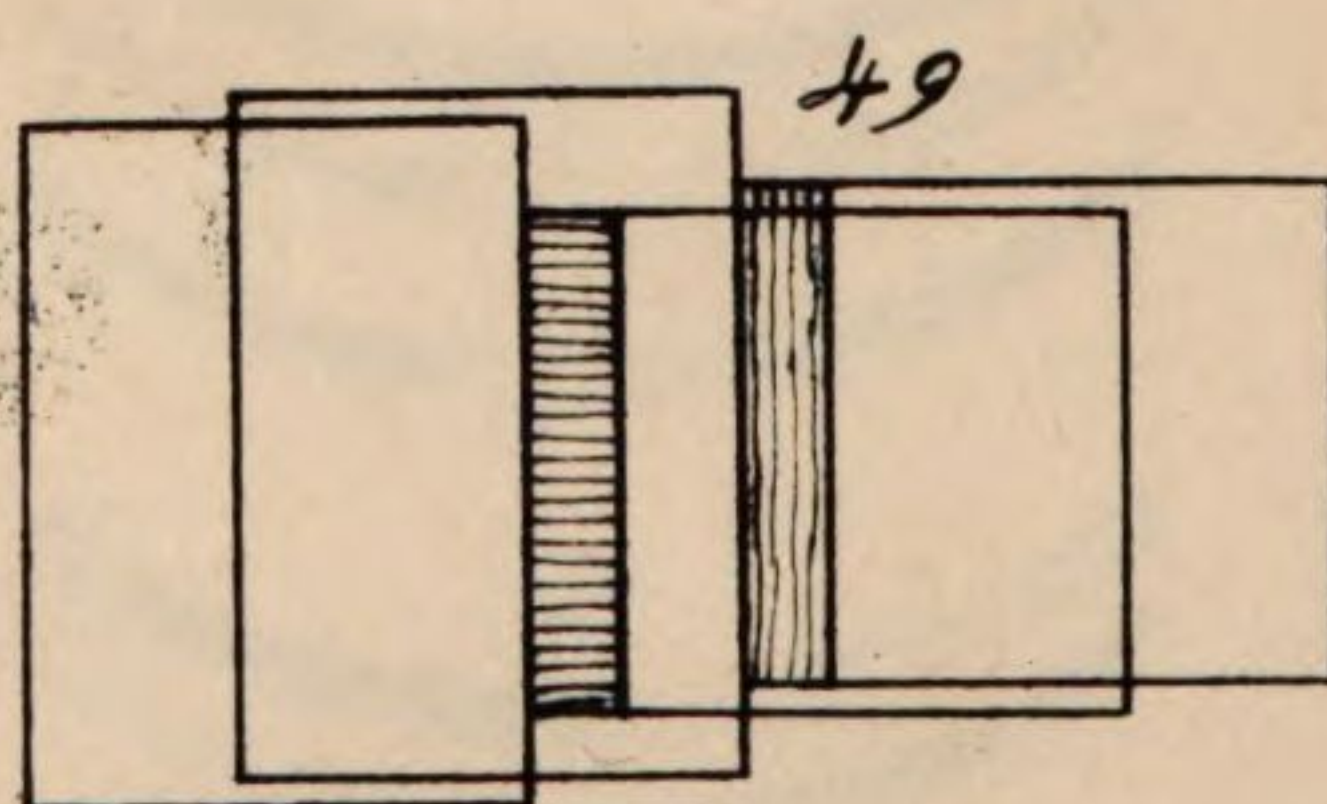
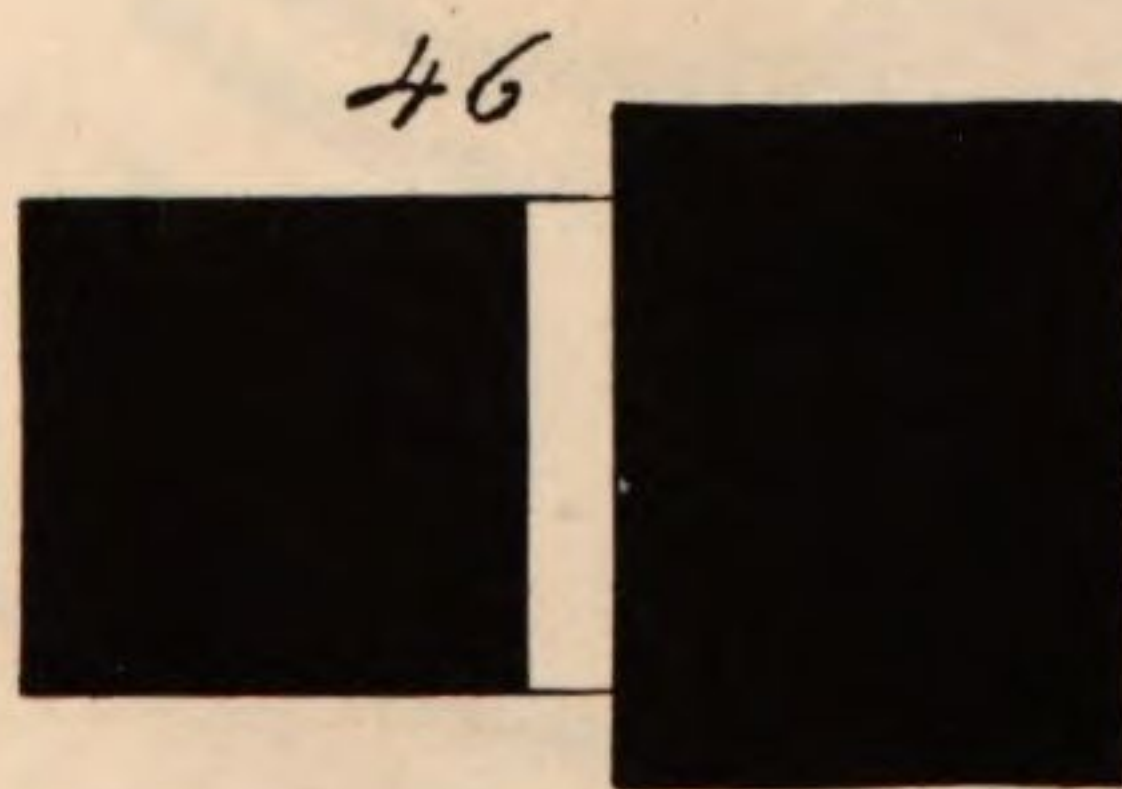
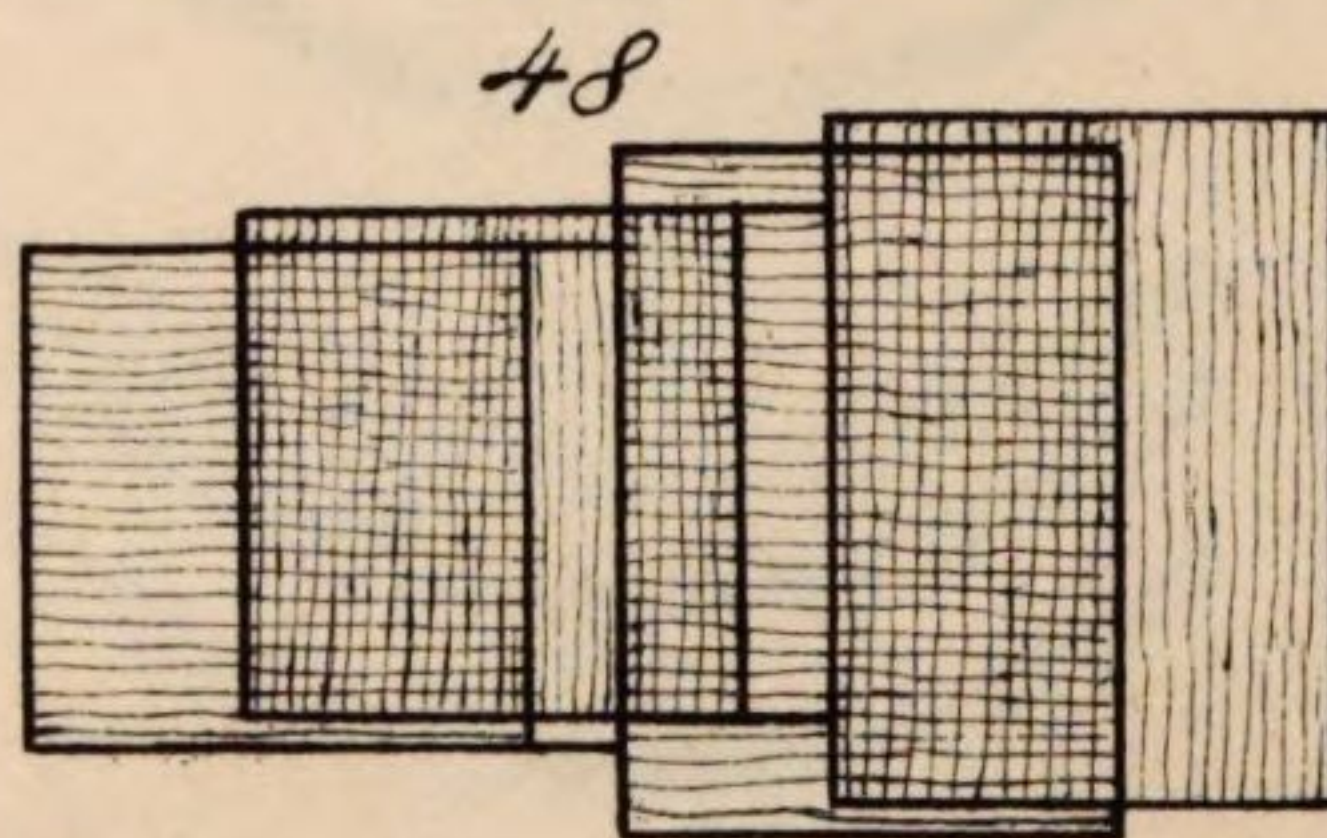
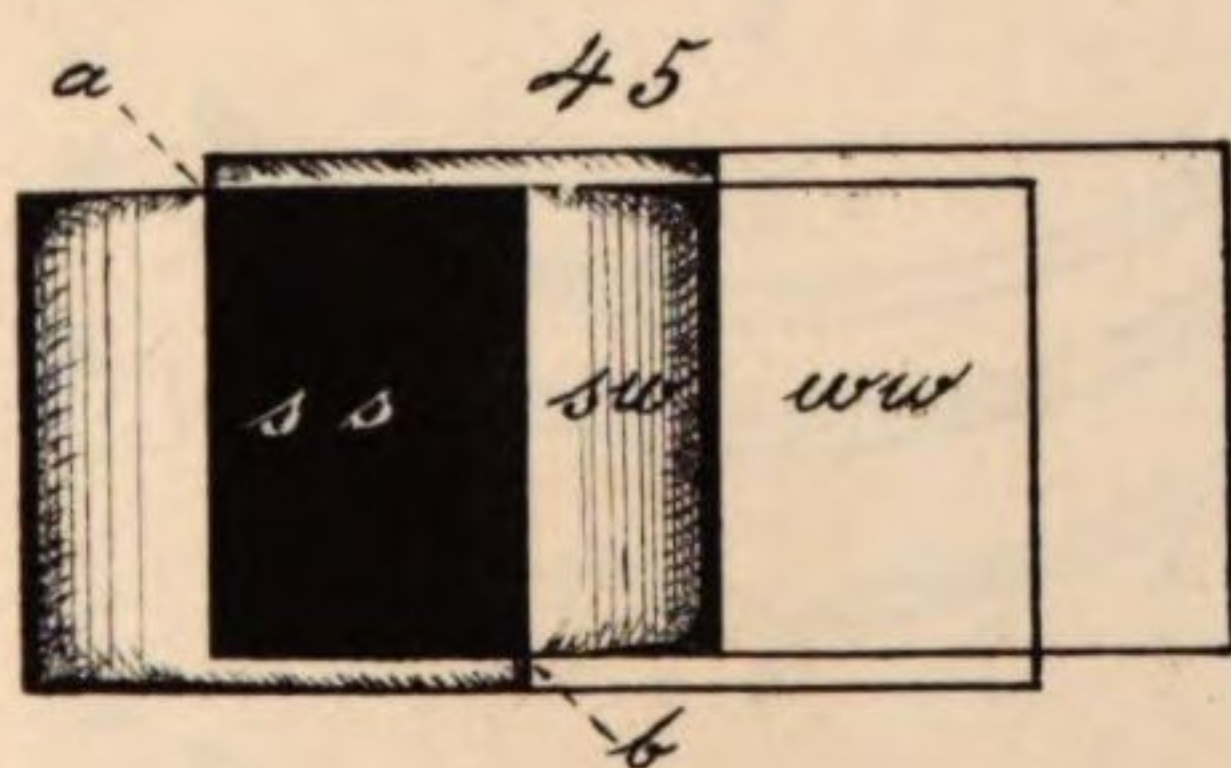
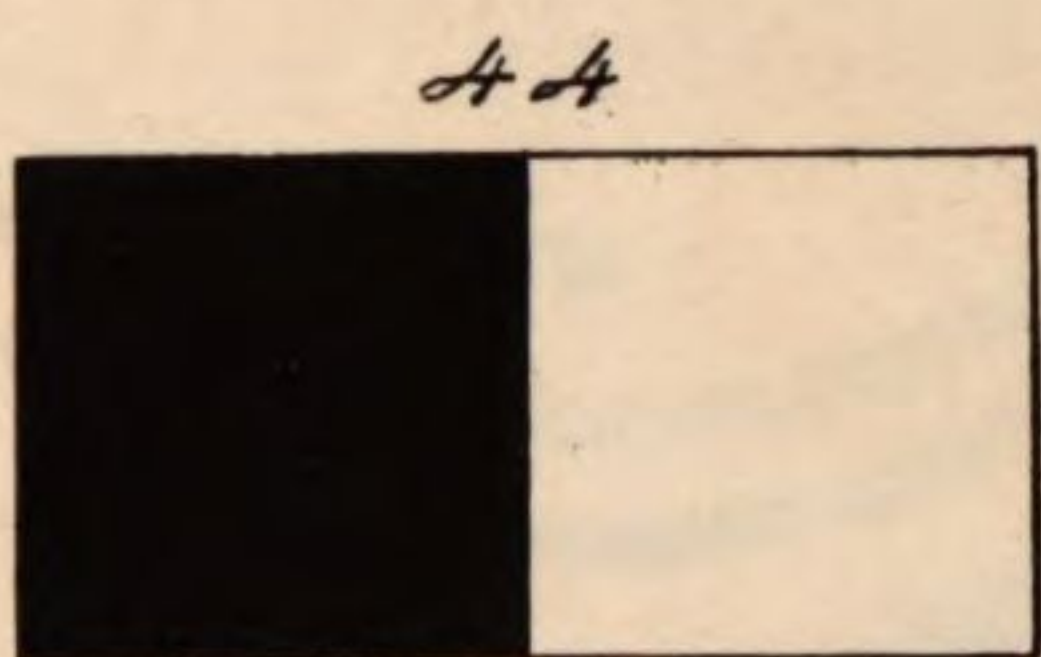
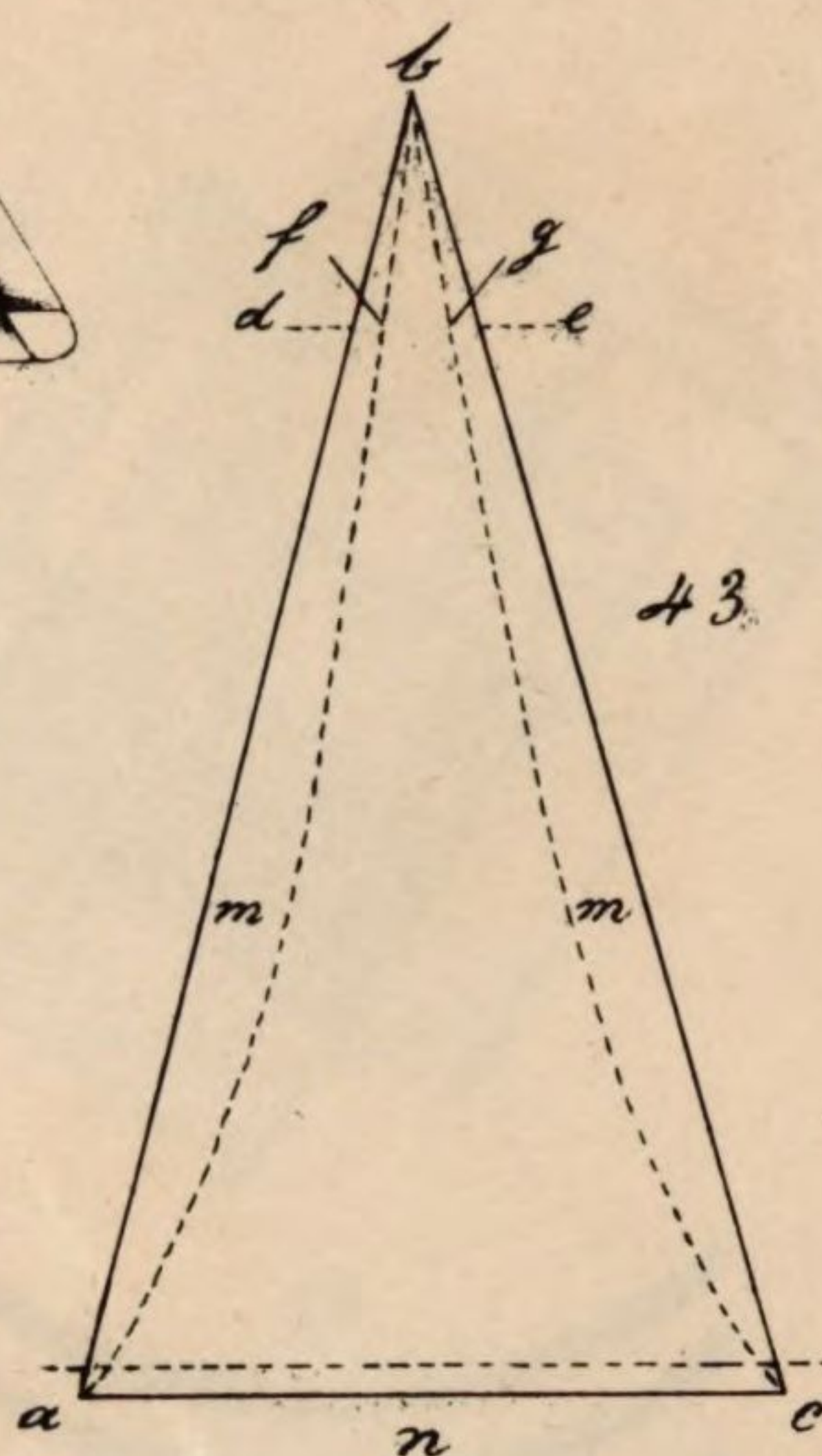
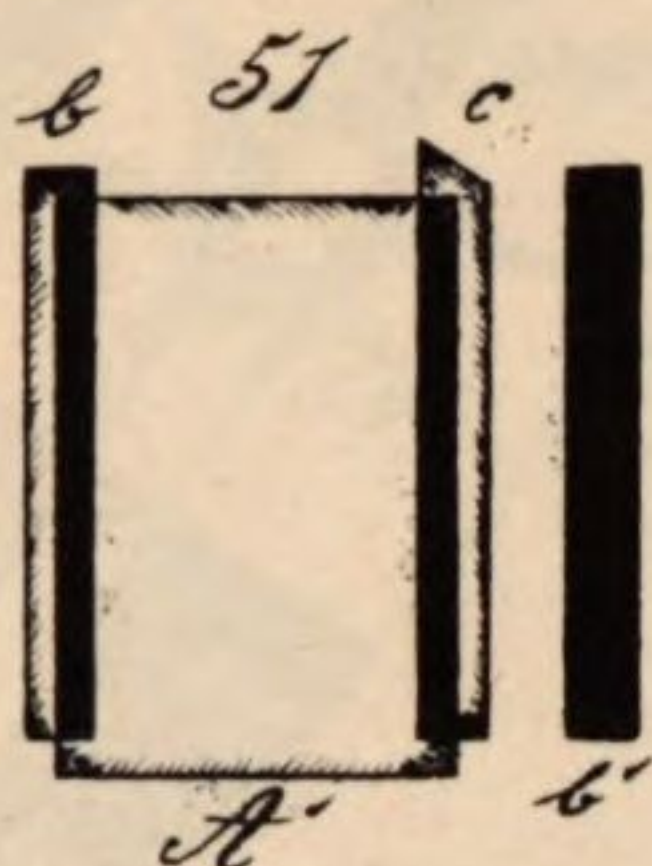
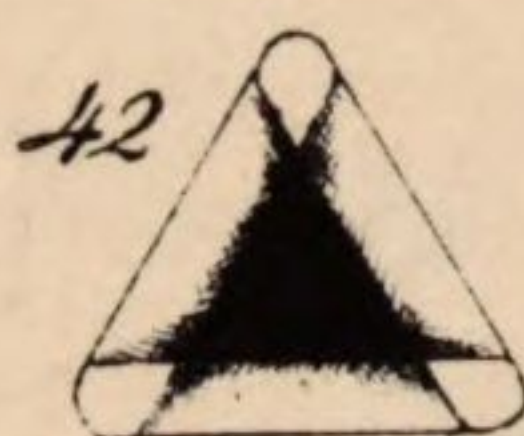
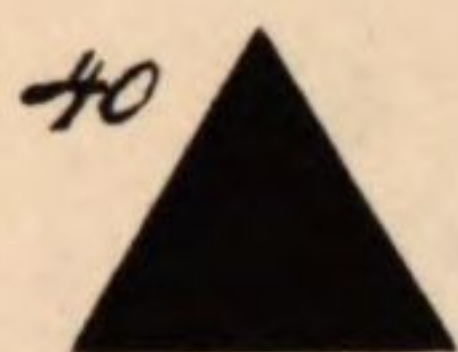


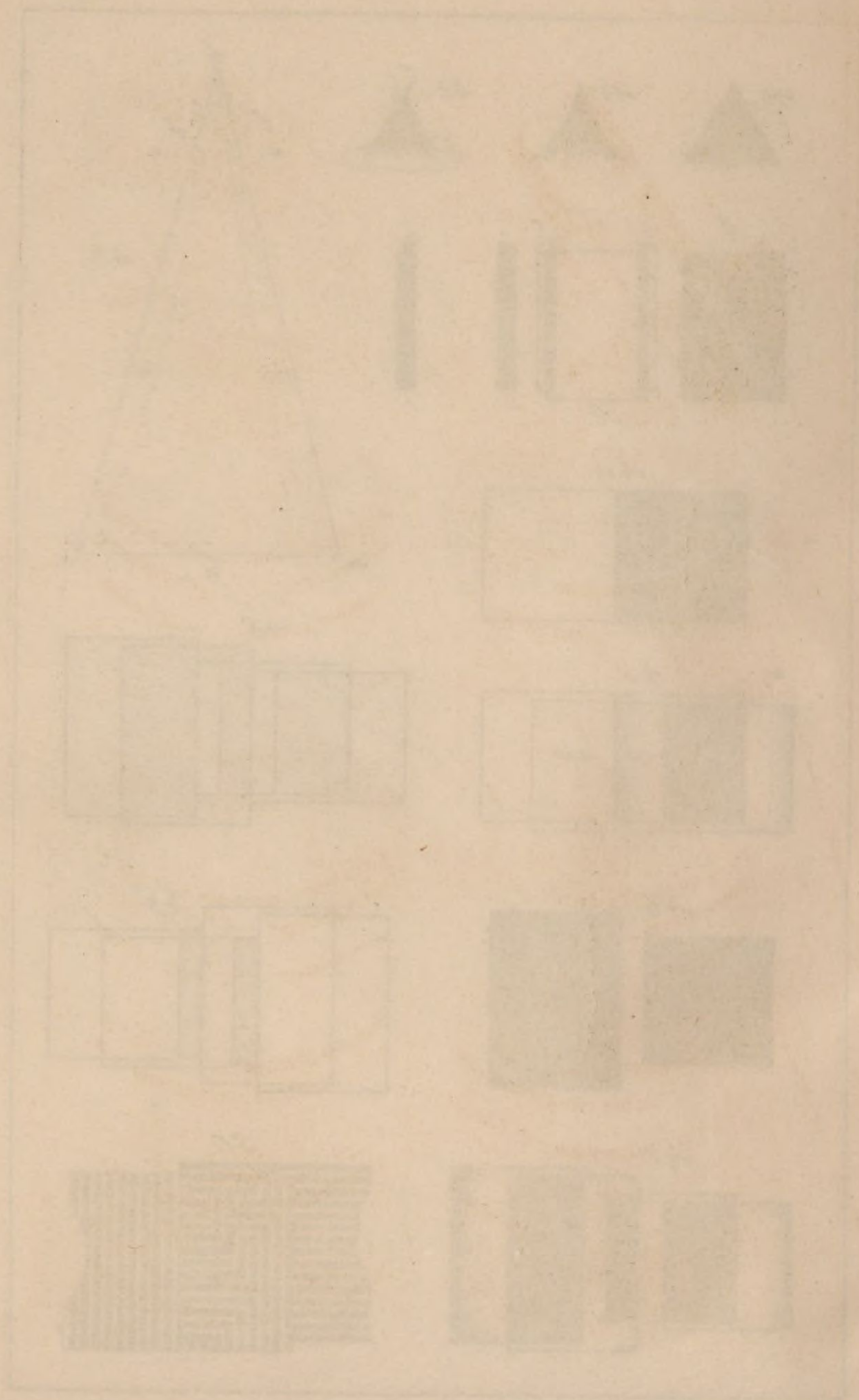
Figure 2. A square divided into four quadrants by a vertical and horizontal line. The top-left quadrant contains a small square. The top-right quadrant contains a small square. The bottom-left quadrant contains a small square. The bottom-right quadrant contains a small square.

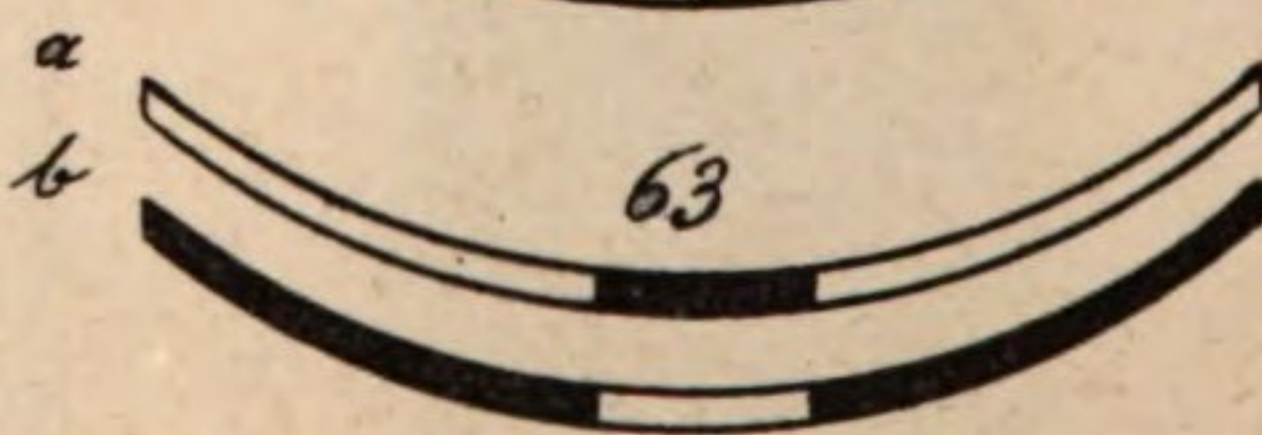
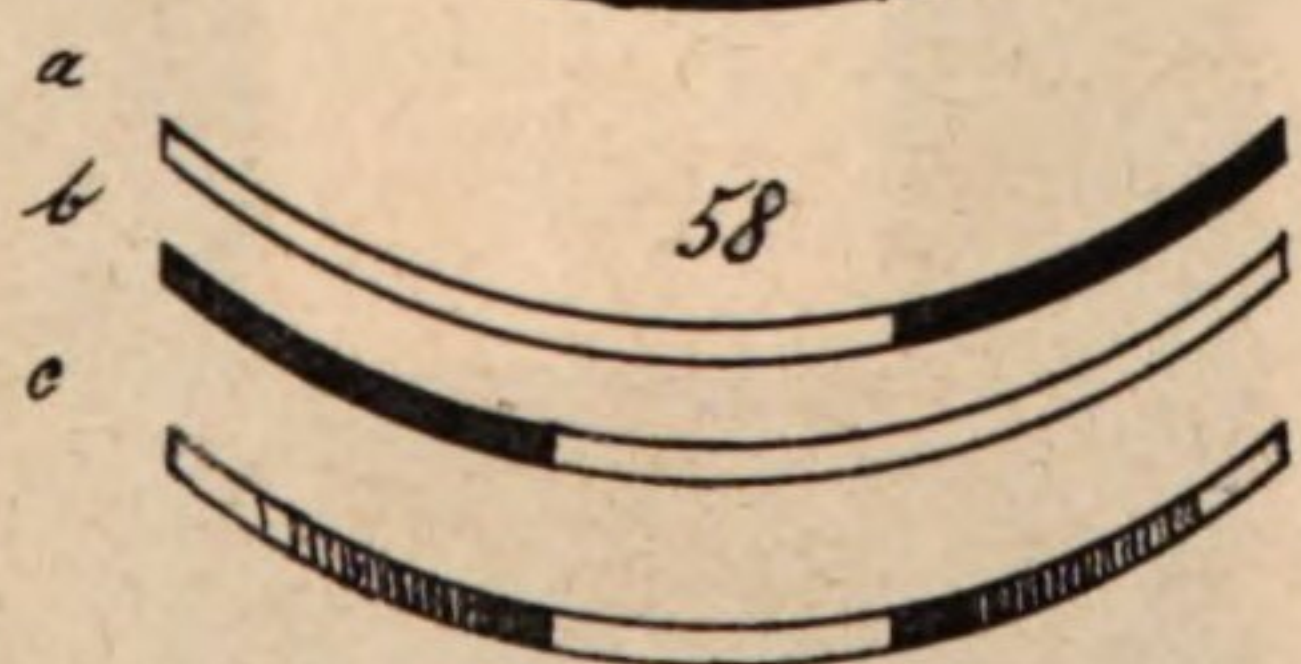
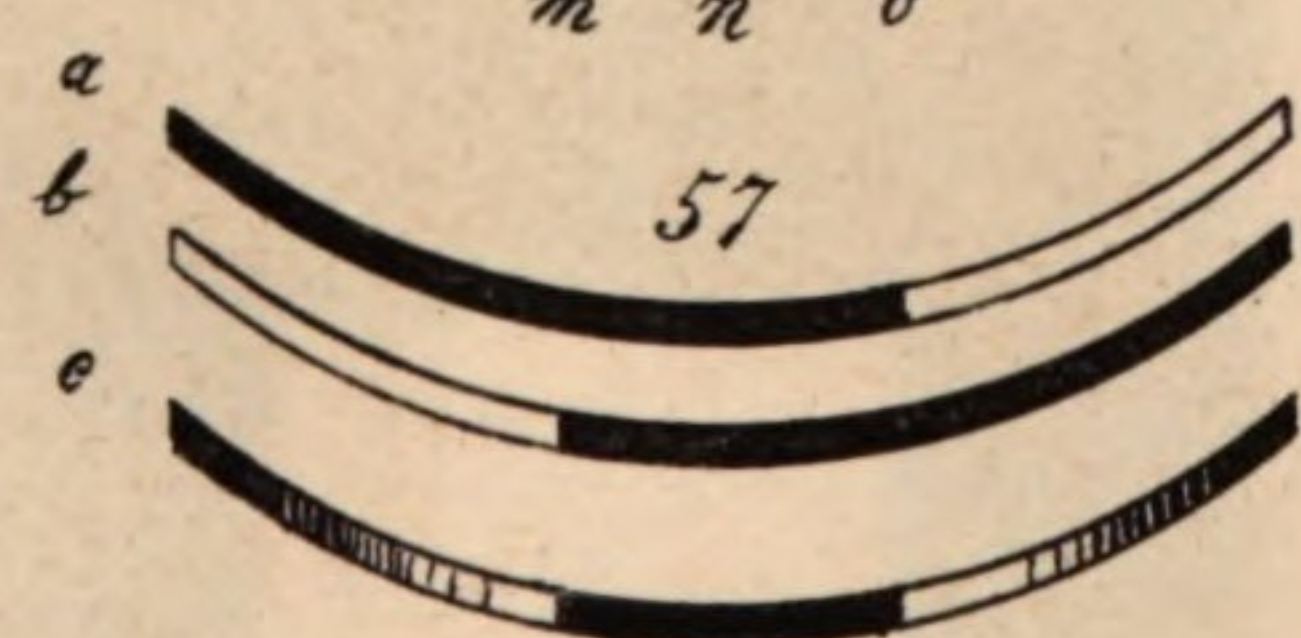
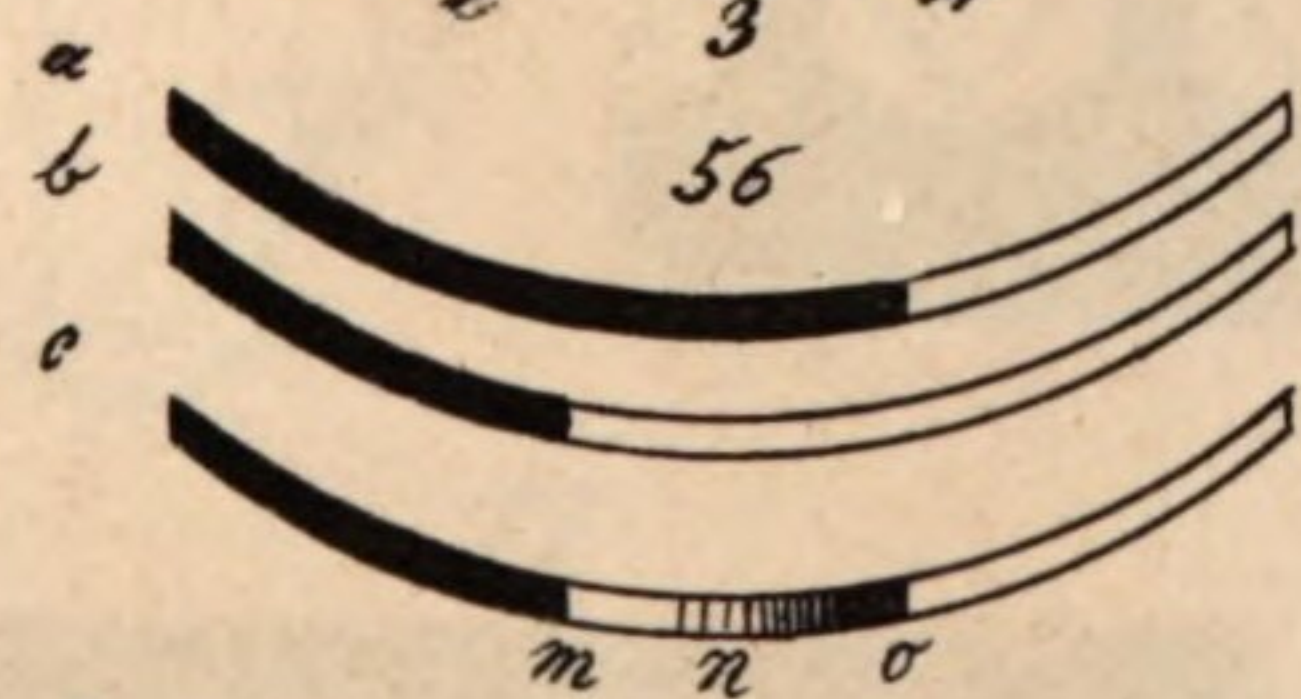
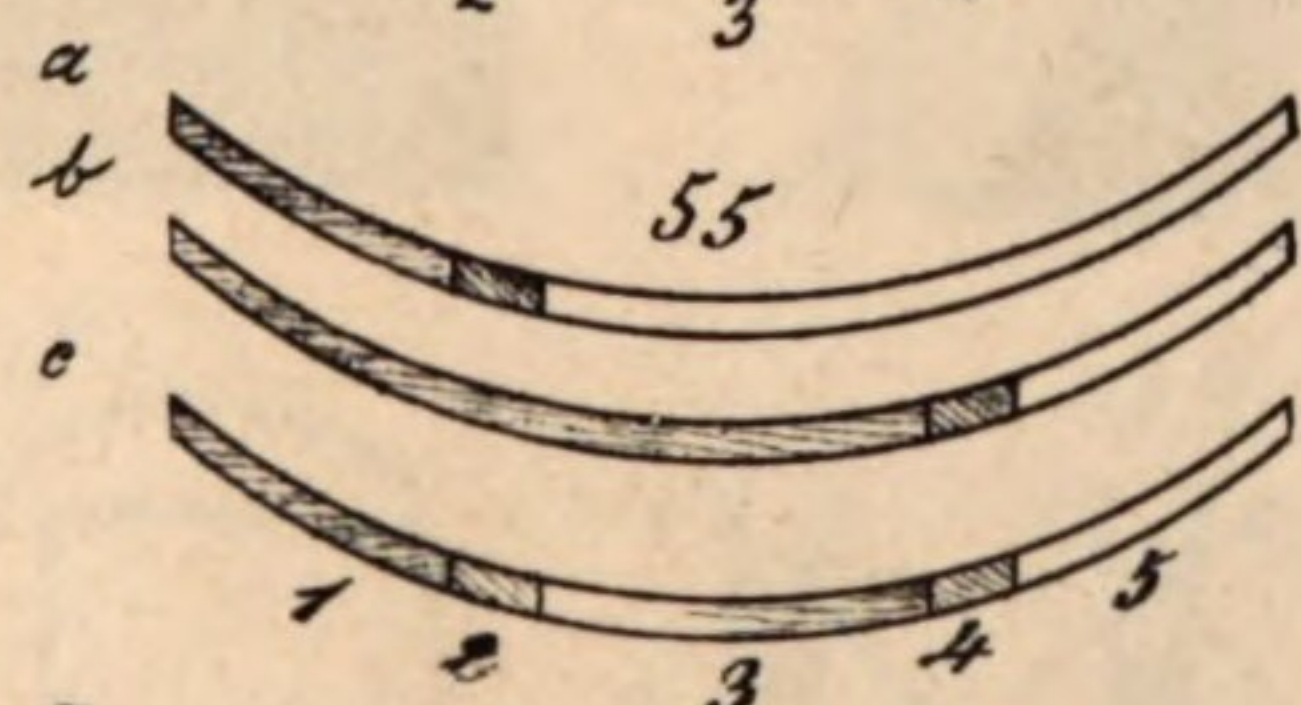
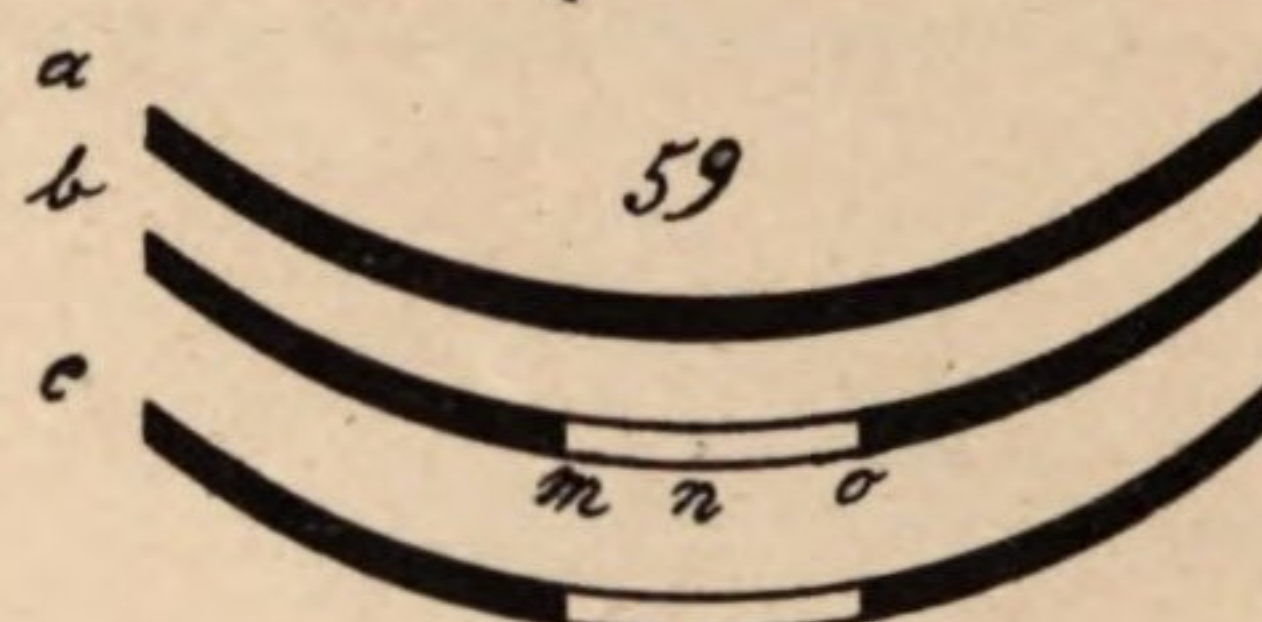
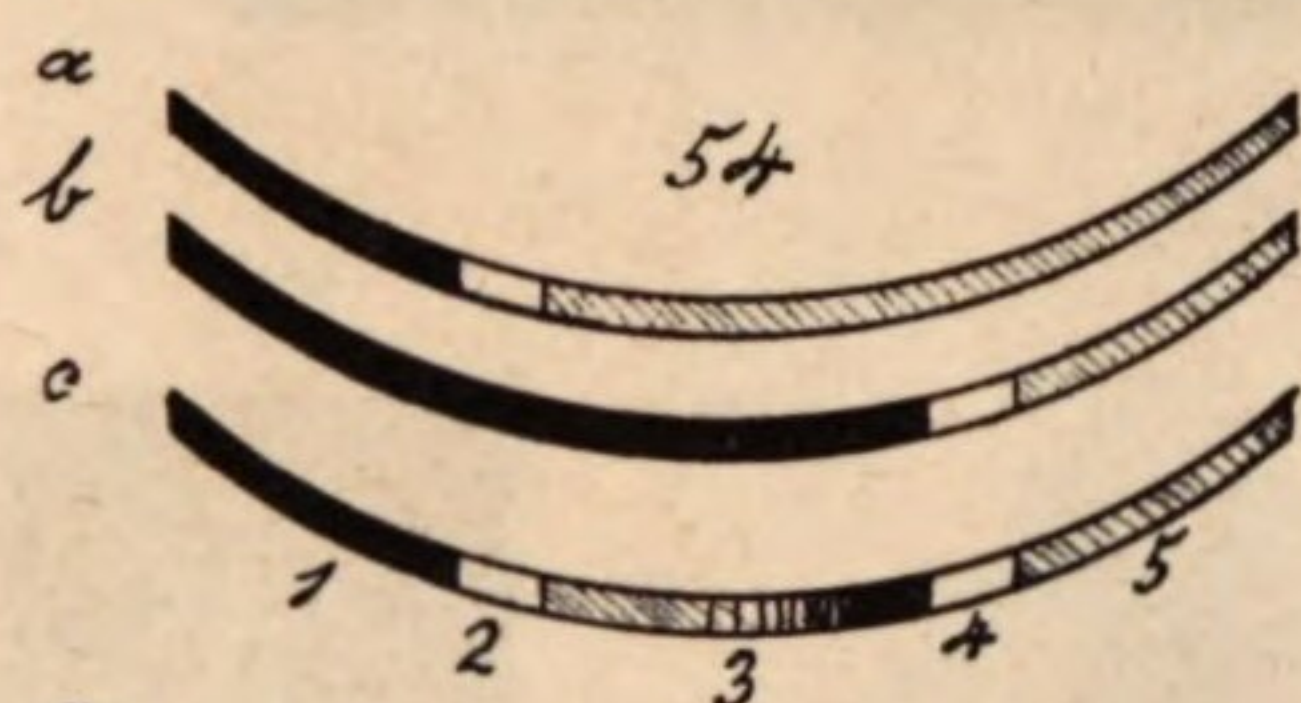
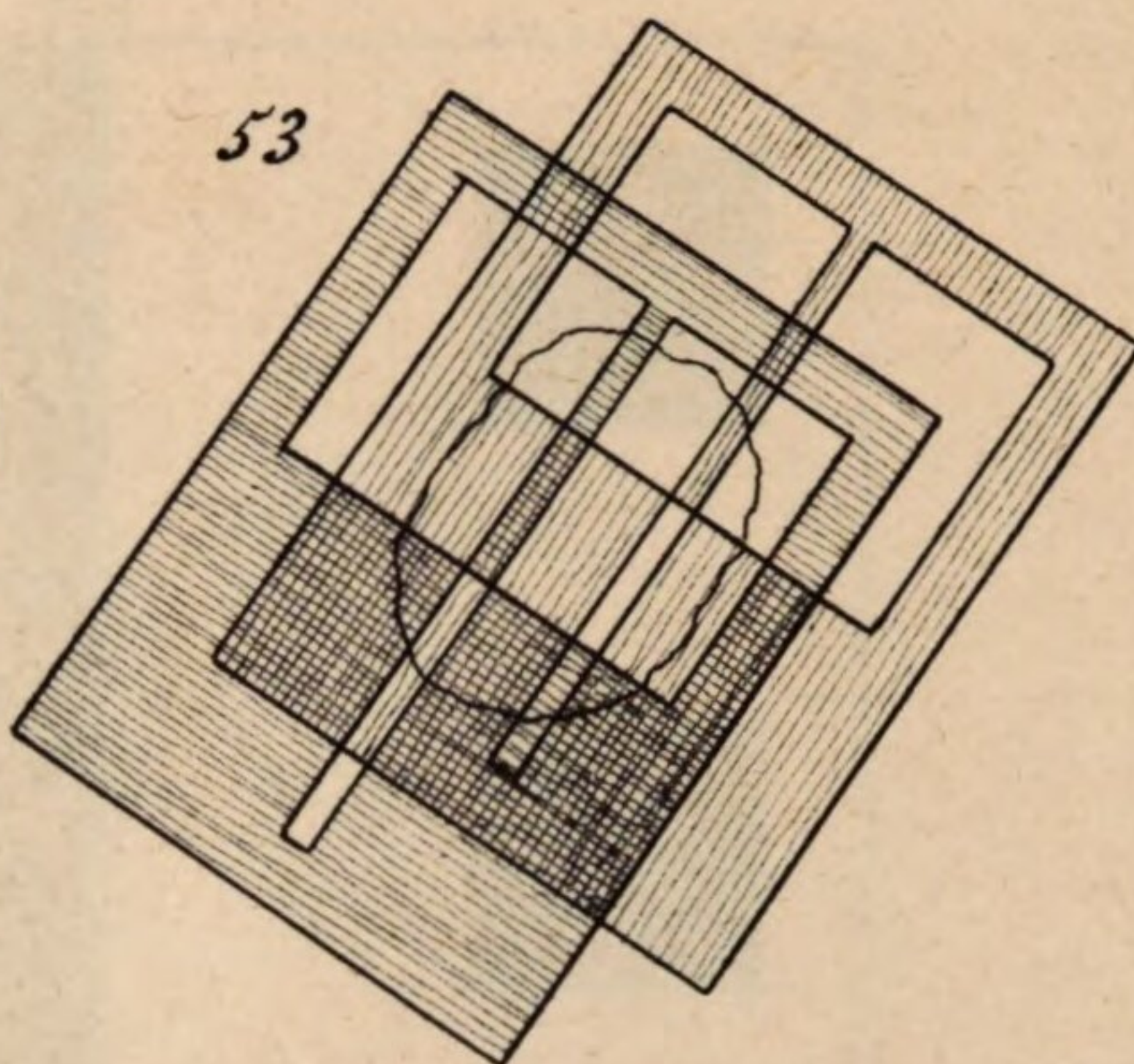
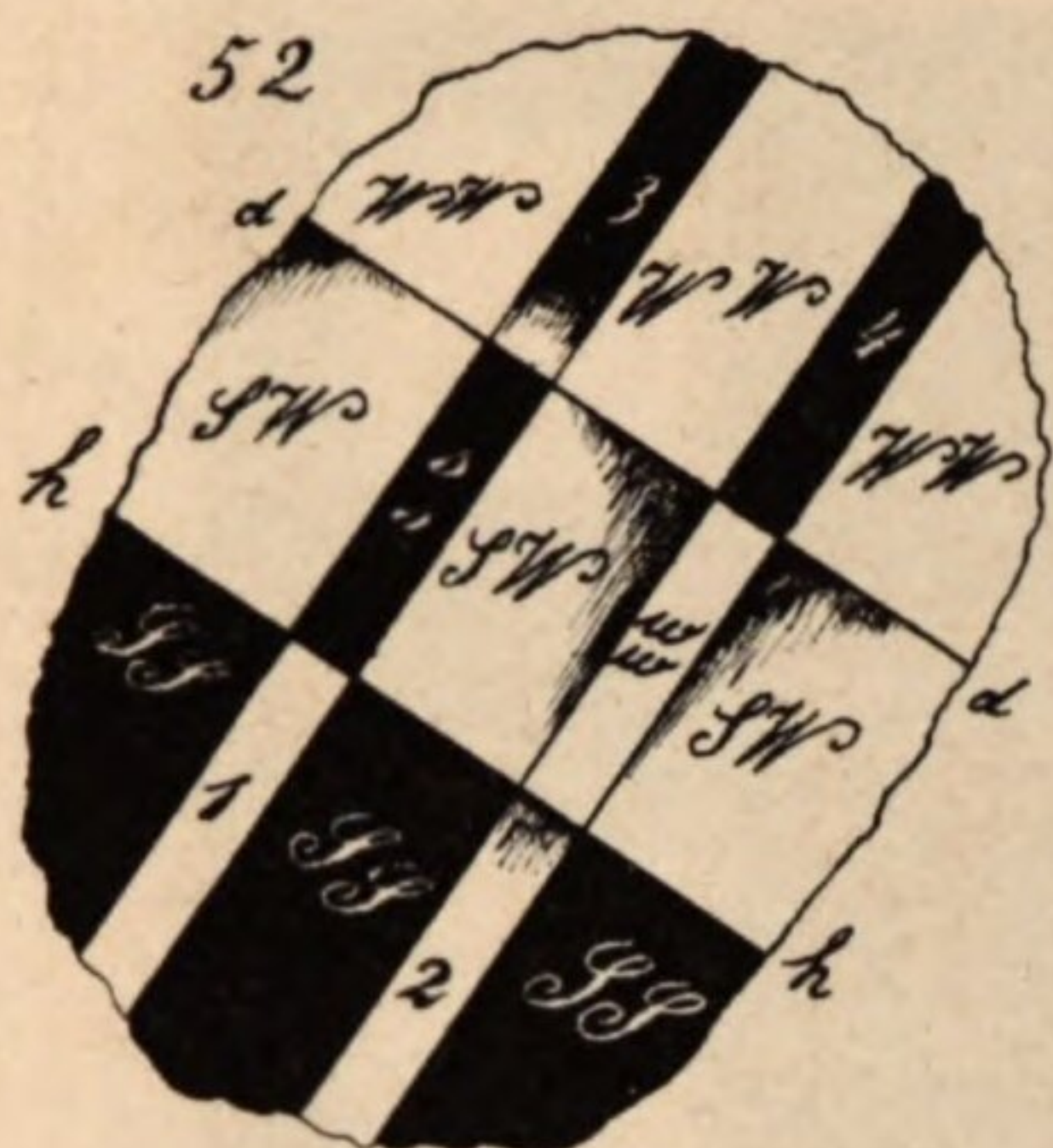






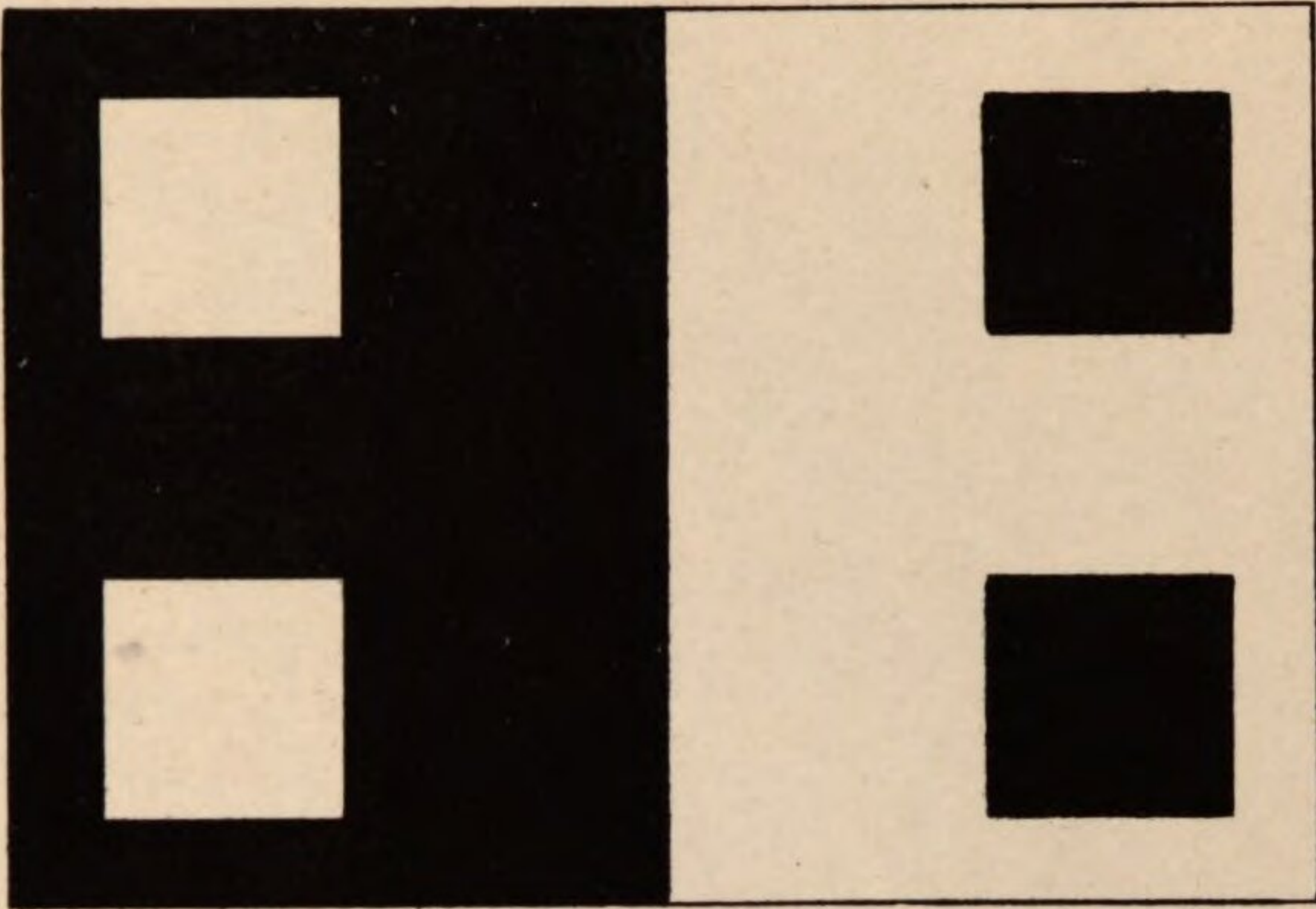








65



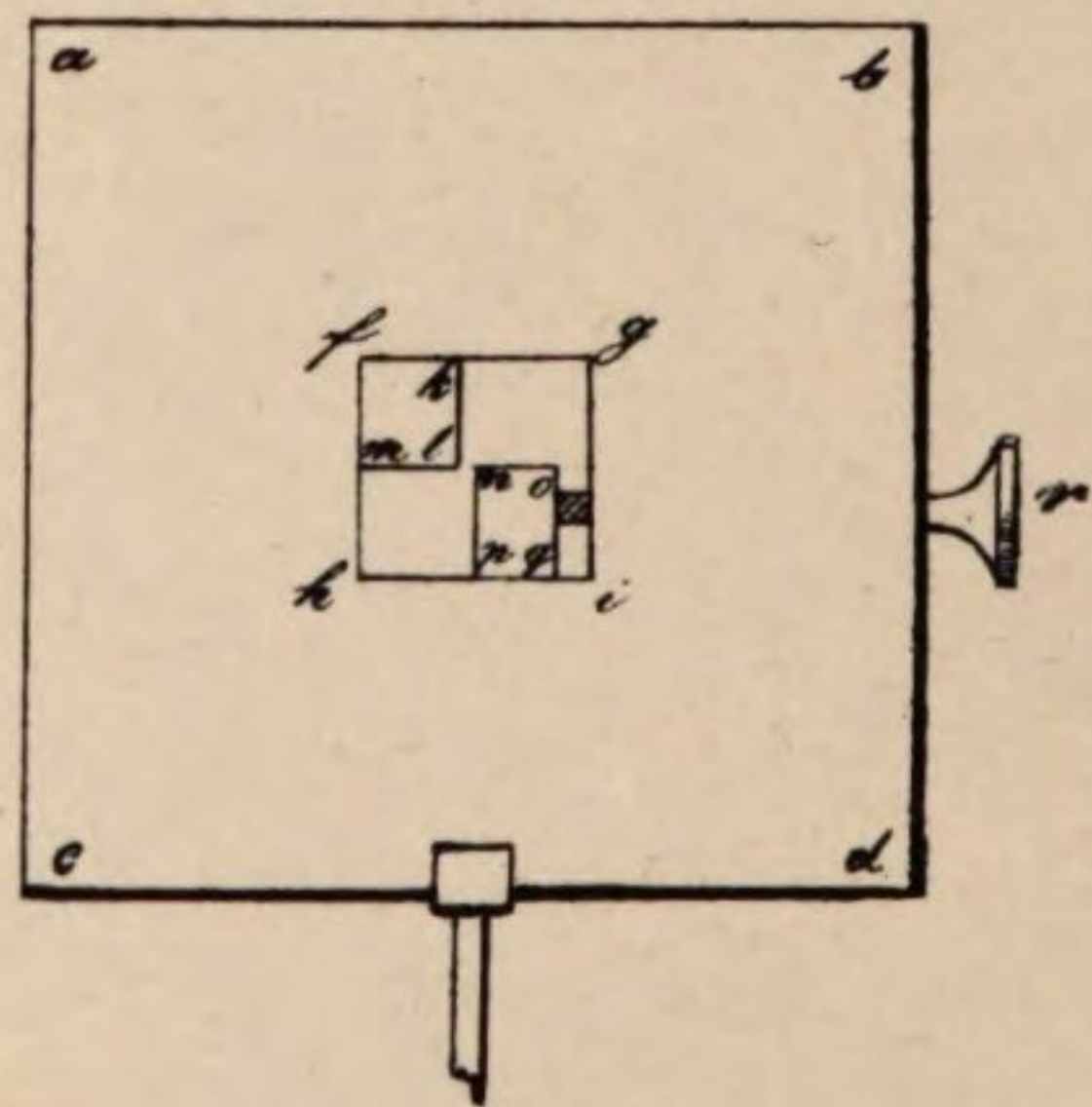
66



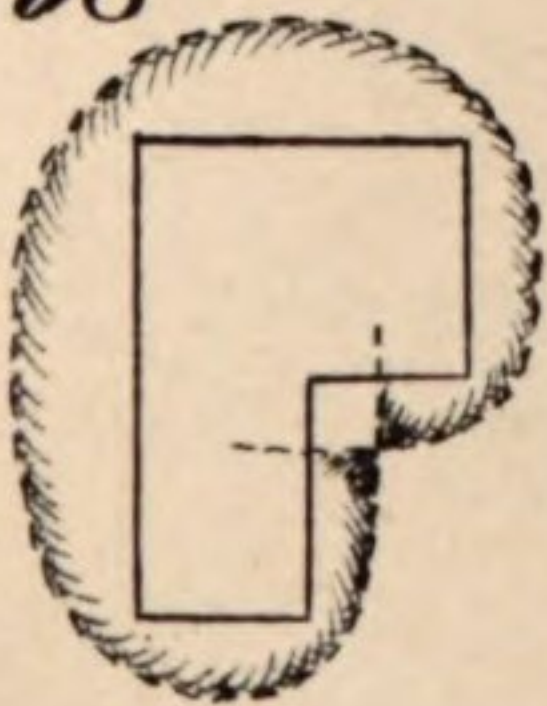
67



70



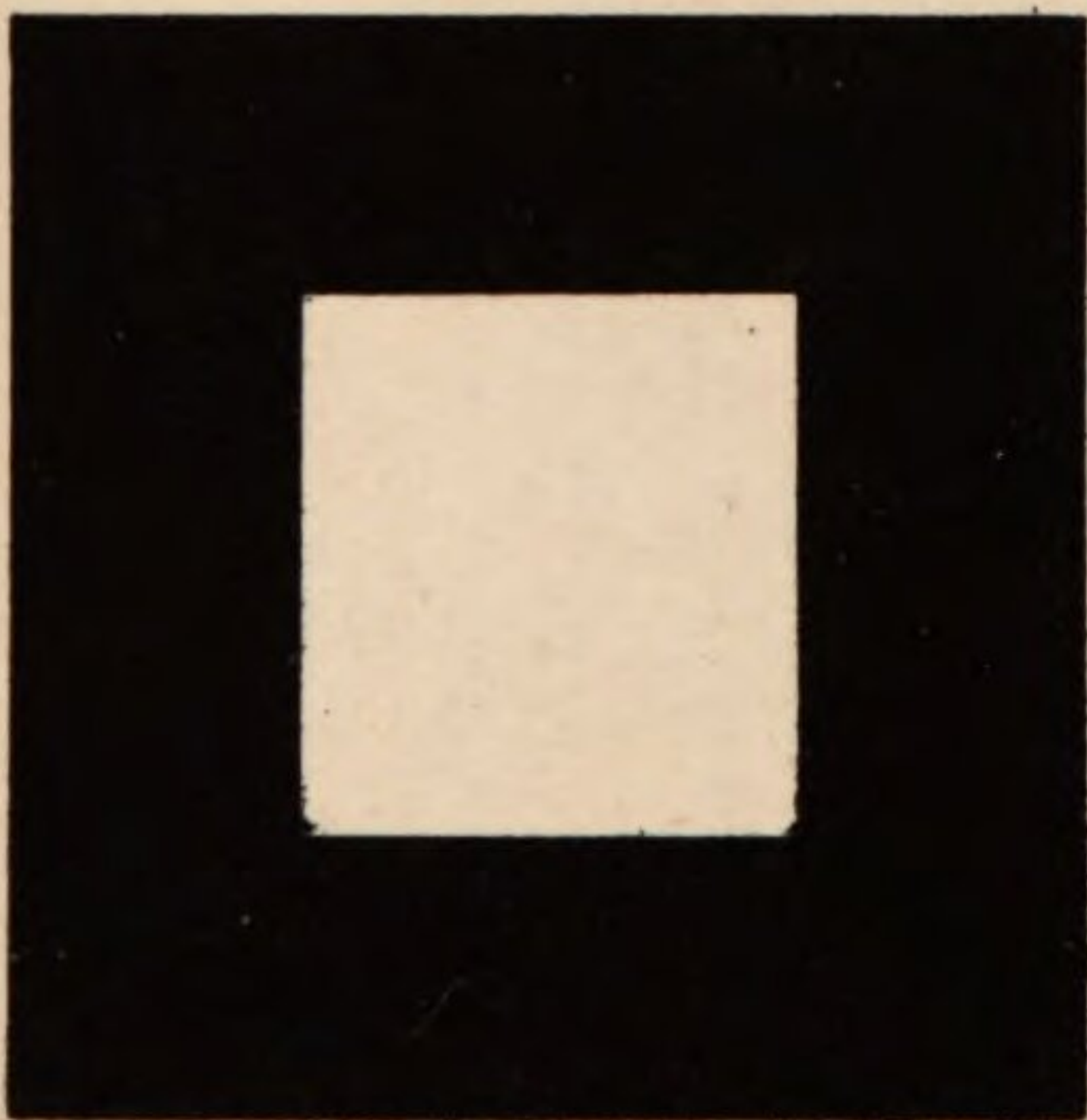
68



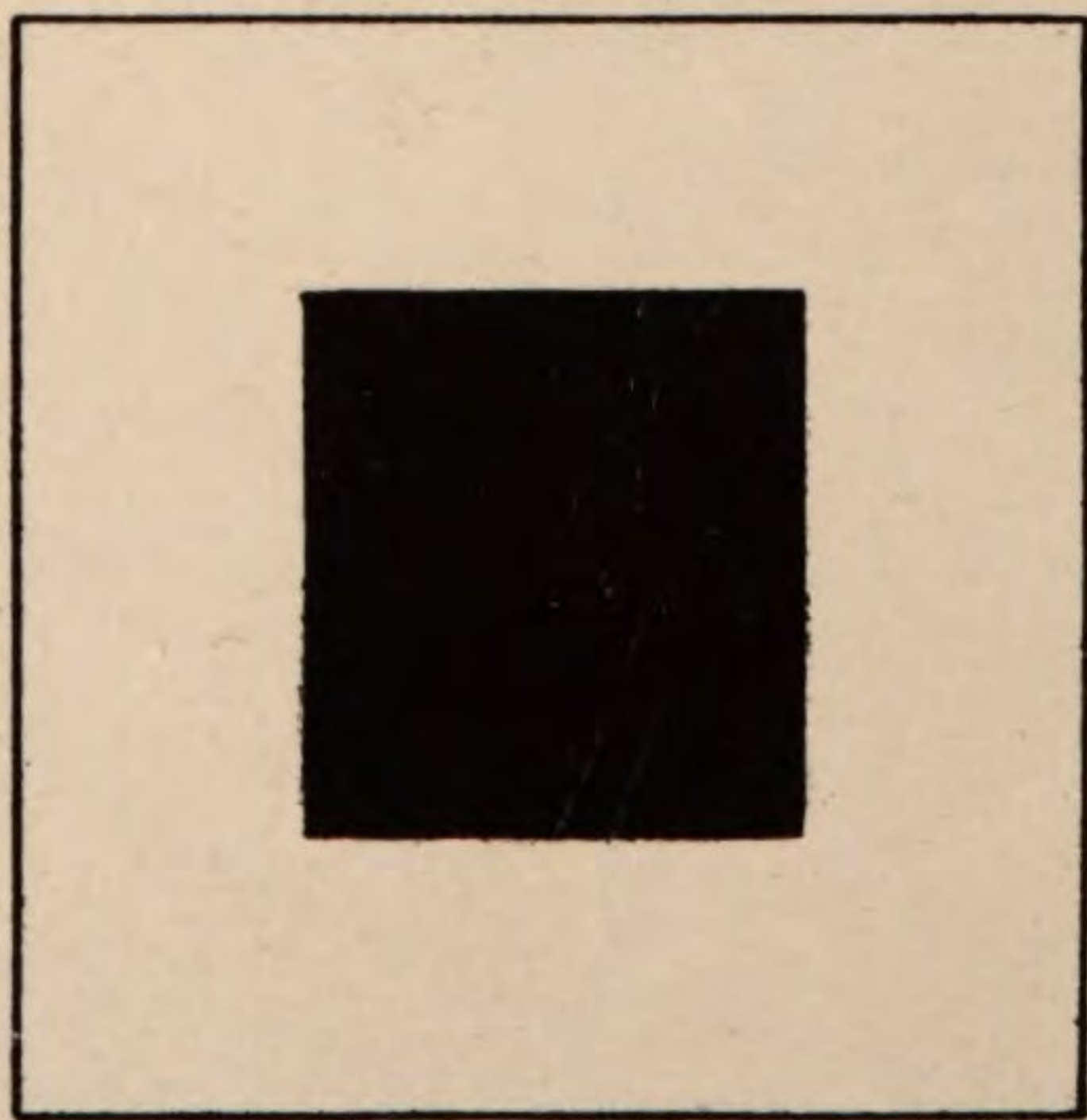
69

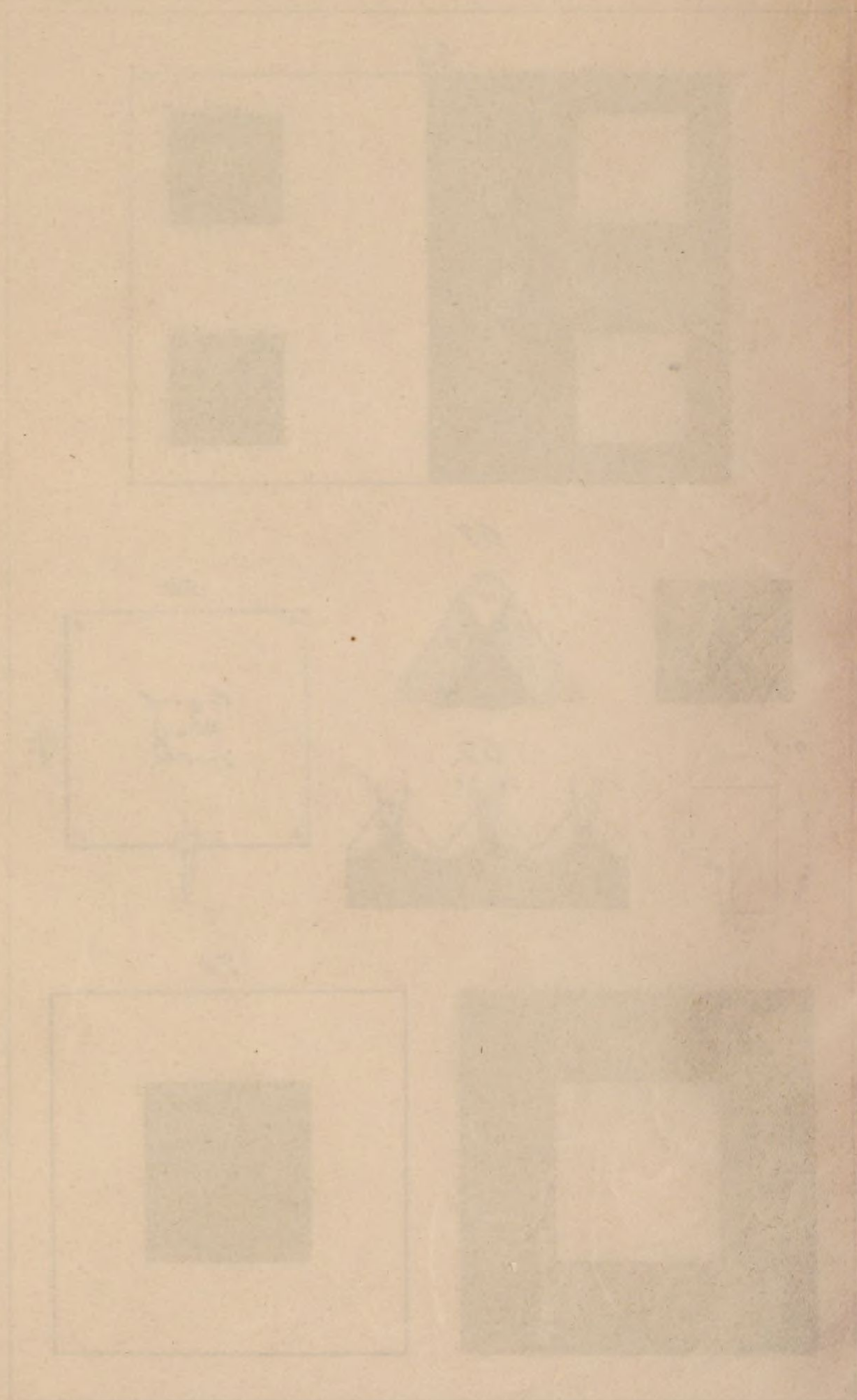


71



72





Welcker, Hermann

Ueber Irradiation und einige andere Erscheinungen des Sehens
Inauguralabhandlung

Giessen 1852

Diss. 2171,16

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10852551-9